



TAMPEREEN TEKILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MIKA ALAPURANEN
BETONIELEMENTTITEHTAAN MATERIAALIVIRTOJEN HALLINTA

Diplomityö

Tarkastaja:
apulaisprofessori Heikki Liimatainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 9. maalisi-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

ALAPURANEN, MIKA: Betonielementtitehtaan materiaalivirtojen hallinta

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 50 sivua, 8 liitesivua

Huhtikuu 2018

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: apulaisprofessori Heikki Liimatainen

Avainsanat: materiaalivirrat, logistiikka, toimitusketju, arvoketju, tuotannonohjaus

Tuotantoprosessi on teollisuusyrityksen toiminnan avainasemassa ja sen kehitykseen panostetaan usein merkittävästi. Tuotantoprosessilta vaaditaan kustannustehokkuutta laadusta tinkimättä. Tuotantoprosessia tukevat toiminnot, kuten materiaalivirtojen hallinta, jäävätkin helposti tuotannon kehityksen varjoon.

Materiaalivirtojen hallinta on osa yrityksen toimitusketjua, jolla tarkoitetaan yrityksen tehokasta materiaalien hallintaa ja seuranta tuotanto-, varasto- ja toimitusprosessien läpi. Tehokas materiaalivirtojen hallinta lyhentää läpäisyajoja, lisää tuotantokapasiteettia ja pienentää kustannuksia sekä työmäärää, että sitoutunutta pääomaa.

Tässä tutkimuksessa esitellään rakennushankkeen, betonielementtikaupan ja betonielementtituotannon etenemiset ja syvennyttään betonielementtitehtaan materiaalivirtojen hallintaan. Tutkimuksen tavoitteena on betonielementtitehtaan materiaalivirtojen tutkiminen, tehostamiskeinojen kartoittaminen sekä kehittämisprojektin käynnistäminen.

Työn tuloksena käynnistettiin yrityksen logistiikan kehittämisprojekti ja toteutettiin kolme konkreettista kehitystoimenpidettä. Toiminnanohjausjärjestelmän materiaalihallintaan luotiin reaaliaikainen materiaalien tarveraportointi, projektien hallintaan menetelmä purkaa projekti etappeihin ja menetelmä betonielementtien paikantamiseen varastossa.

ABSTRACT

ALAPURANEN, MIKA: Precast concrete plant material flow management

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 50 pages, 8 Appendix pages

April 2018

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Transport Systems

Examiner: Assistant Professor Heikki Liimatainen

Keywords: material flow, logistics, supply chain, value chain, production management

Manufacturing company's productions are constantly under pressure to improve productivity and reduce costs without lowering the standards of quality of its products. Companies use a lot of effort to develop production process, but supporting processes, like management of material flow, are not usually in main focus of development.

Material flow management is a method of efficiently managing materials and tracking materials through the production, warehousing and delivery process. Even a small improvement in the supply chain will result in higher efficiency, lowering costs and increasing profits.

This research involves investigation of material flow management of industrial production of precast concrete elements. Research gives an overview of construction project progress and precast concrete element production. The main objectives of this research include detailed analyzing of precast concrete element factory material flows; identify development needs for material flow management; begin material flow management development project with three selected steps.

Three steps in the development project included implementation of material requirements reporting in the ERP-system inventory management; project management system to extract the construction project into stages; warehouse locating system for precast concrete elements.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty perheyriykselleni, YBT Oy:lle, jossa toimin tietohallintojoh-tajana.

Haluan kiittää kaikkia Oulussa vierailleita Tampereen teknillisen yliopiston professoreita ja luennoitsijoita innostavasta ja laadukkaasta opetuksesta. Isot kiitokset kuuluvat työn valvojalle apulaisprofessori Heikki Liimataiselle työn kommentoinnista ja tarkastami-sesta. Lisäksi haluan kiittää YBT:n johtoryhmää sparrauksesta työn aikana.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni tuesta ja kannustuksesta, jota olen saanut tämän työn ja opiskelujeni aikana. Erityisesti edesmennyt isäni, perheyriyksemme perustaja, kannusti minua aina opiskelemaan ja kehittämään itseäni sekä yritystämme. Tämän tuen saattele-mana on ollut hienoa päästä suorittamaan toinen diplomi-insinöörin tutkinto.

Ylitorniolla, 25.4.2018

Mika Alapuranen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Rakennusala	1
1.2	Betoniteollisuus	2
1.3	YBT Oy	2
1.4	Aiheen rajaaminen	5
1.5	Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne	5
2.	BETONIELEMENTTITUOTANTO	7
2.1	Rakennushanke	7
2.2	Betonielementtikauppa	9
2.3	Betonielementtitehtaan tuotanto	10
2.4	Toiminnanohjausjärjestelmä	12
3.	BETONIELEMENTTITEHTAAN MATERIAALIVIRRAT	16
3.1	Materiaalihallinta	16
3.2	Tulologistiikka	17
3.3	Sisälogistiikka	21
3.4	Varastointi	23
3.5	Lähtölogistiikka	24
3.6	Työturvallisuus	29
4.	TOIMINNAN KEHITTÄMINEN	31
4.1	Laadunhallintajärjestelmä	31
4.2	Tehtaan layout	33
4.3	Tuotannonohjaus	34
4.4	Materiaalien hankinta	36
4.5	Esivalmistettujen tuotteiden käyttö	37
4.6	Valmiiden tuotteiden varastointi	38
4.7	Toimitusten seuranta	38
5.	KEHITYS	40
5.1	Kehitystoimenpiteiden valinta	40
5.2	Materiaalien tarveraportti	40
5.3	Projektin purkaminen toimituskokonaisuuksiksi	42
5.4	Betonielementtien paikantaminen varastossa	45
6.	YHTEENVETO	47
	LÄHTEET	49

LIITE A: MALLIPIIRUSTUS VÄLISEINÄELEMENTTI

LIITE B: MALLIPIIRUSTUS KANTAVA RUUTUELEMENTTI

LIITE C: MALLIPIIRUSTUS SUORAKAIDEPILARI

LYHENTEET JA MERKINNÄT

DAP	Delivered At Place. Incoterms 2010 toimitusehto: toimitettuna määräpaikalle.
ERP	Enterprise Resource Planning. Toiminnanohjausjärjestelmä.
FCA	Free Carrier. Incoterms 2010 toimitusehto: vapaasti kuljettajalla.
FPC	Factory product control. Tehtaan sisäinen laadunvalvonta.
GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
IoT	Internet of Things. Esineiden internet.
ISO	International Organization for Standardization. Maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto.
JIT	Just-In-Time. Juuri oikeaan tarpeeseen.
KVR	Rakentamisurakkamuoto kokonaisvastuurakentaminen.
PDCA	Plan, Do, Check, Act. Suunnittele, toteuta, arvioi, toimi.
PPC	Percent Plan Complete. Tuotannonsuunnittelun viikkosuunnitelman toteutuneiden tehtävien osuus kaikista tehtävistä.
SaaS	Software as a Service. Ohjelmiston hankkiminen palveluna.
SCM	Supply Chain Management. Toimitusketjun hallinta.
YBT ERP	YBT Oy:n toiminnanohjausjärjestelmä.

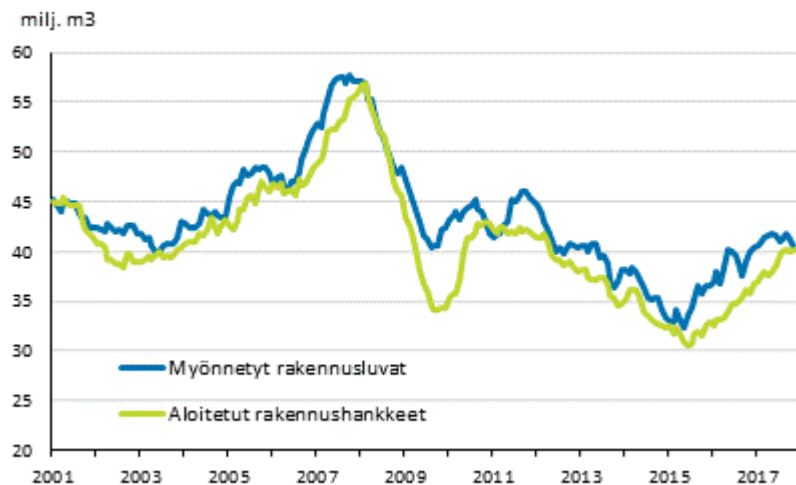
1. JOHDANTO

1.1 Rakennusala

Rakennusala on yhteiskunnalle yksi Suomen merkittävimmistä toimialoista. Suomen kansallisvarallisuudesta rakennetun ympäristön osuus on yli 70 prosenttia. (Rakennusteollisuus 2018)

Rakennusala on merkittävä mutta myös suhdanneherkkä työllistäjä. Maailmantalouden vaihtelut heijastuvat nopeasti alan tilauskantaan ja työllisyyteen. (Ammattialat 2018)

Rakennuslupia myönnettiin vuonna 2017 kaikkiaan yli 47 000 asunnolle, kun vuonna 2010 vastaava luku oli 33 600 asuntoa. Tilavuudella mitattuna lupamäärä on kuitenkin pienentynyt 4,1 prosenttia vuodesta 2010. Asuntojen keskikoko onkin pienentynyt huomattavasti vuosien saatossa. (Tilastokeskus 2018)



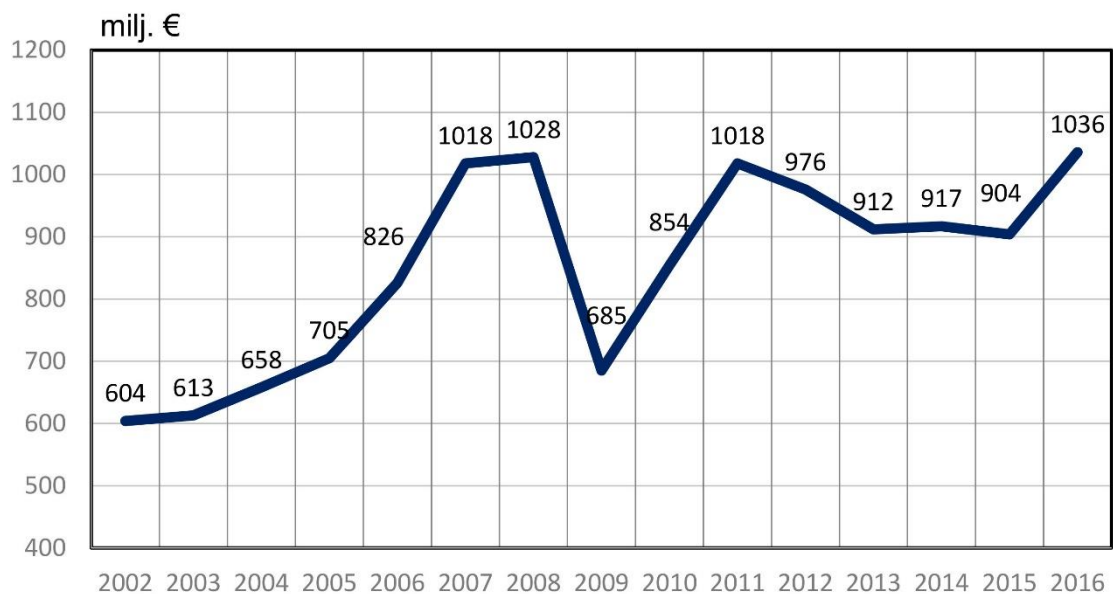
Kuva 1. Myönnetyt rakennusluvut ja aloitetut rakennushankkeet, liukuva vuosisumma. (Tilastokeskus 2018)

Aloitettujen rakennushankkeiden määrä on kasvanut tasaisesti viimeisten vuosien aikana. Myös rakennustuotannon volyymi eli käynnissä olevan rakennustuotannon kiinteähintainen arvo on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. (Tilastokeskus 2018)

1.2 Betoniteollisuus

Betoni on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali. Suomessa betonia valmistetaan noin viisi miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Suomessa käytettävästä betonista noin puolet käytetään betonivalmisosien valmistukseen kuten betonielementeiksi ja betonituotteiksi. (Betoni rakennusmateriaalina 2018)

Suomessa betoniteollisuuden liikevaihto vuonna 2016 oli 1036 miljoonaa euroa, josta betonielementtiteollisuuden osuus oli 625 miljoonaa euroa (Betoniteollisuus 2017). Betonielementtitehtaita Suomessa on noin sata. (Tietoa alasta 2018)



Kuva 2. Betoniteollisuuden kotimaan liikevaihto. (Tietoa alasta 2018)

1.3 YBT Oy

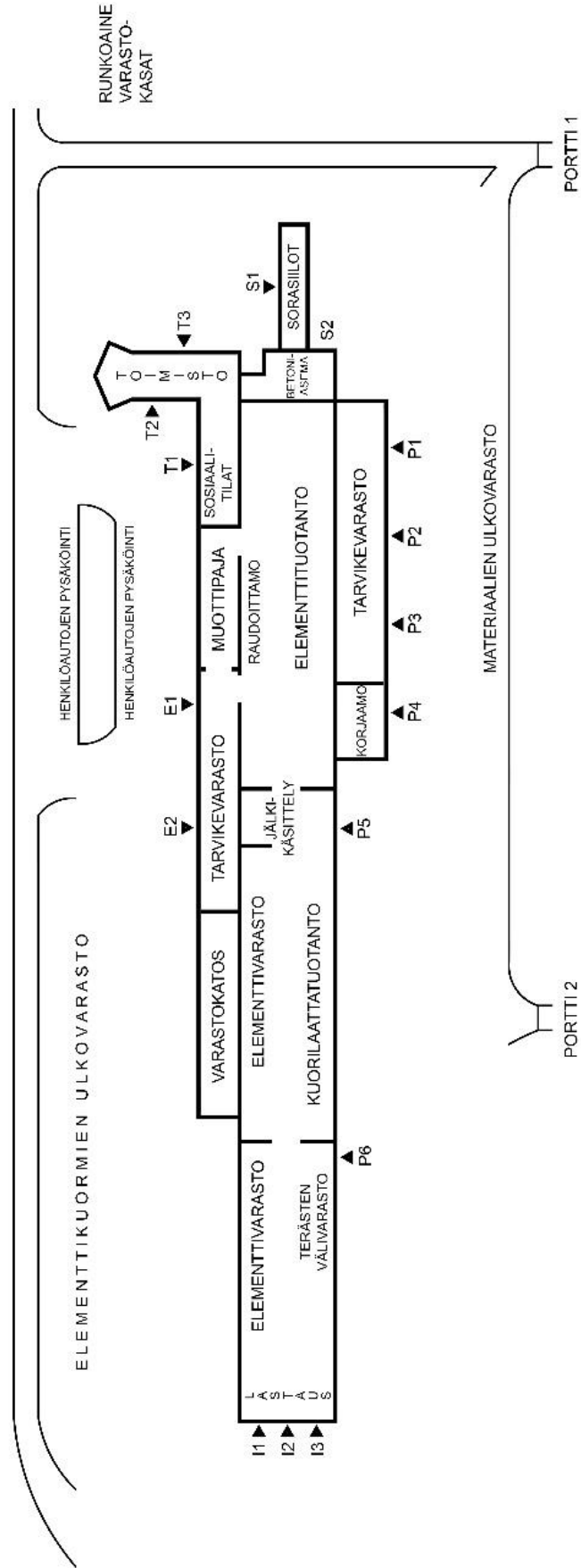
YBT Oy on betonivalmisosien valmistaja, joka tarjoaa betonielementtitoimituksia suunnittelusta asennukseen. Perheyriityksen betonirakentamisen historia on alkanut vuonna 1958, jolloin Erkki Alapuranen perusti Ylitornion Sementtivalimon. Nykyisin yrityksellä on tuotantotehtaat Ylitorniolla (pääkonttori) ja Raahessa sekä sisaryritys Kuhmon Betoni Oy:n tehdas Kuhmossa. Kuhmon Betoni Oy:n omistavat YBT:n pääomistajat. Lisäksi YBT on osakkaana Prefabmästarna Sverige AB:ssa, jonka tuotantotehdas sijaitsee Ruotsin Öjebynissä. Yrityksen toimintaa ohjaa sertifioitu ISO-9001 laatu järjestelmä. (YBT 2018)

Vuonna 2016 YBT:n liikevaihto oli 9,9 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 1,7 miljoonaa euroa (Taloustiedot 2018). Kyseisenä vuonna YBT oli 13. suurin Suomen betonielementtisektorin yritys ja Suomen suurin betonielementtien vientiyritys (Suurimmat 2017).

Tämän työn tutkimus kohdistuu YBT:n Ylitornion tehtaan toimintaan. Kuvassa 3 on esitetty Ylitornion tehdasalueen layout. Tehdasalue on aidattu alue, jonne kuljetaan kahden sähköporteilla suljettavien liittymien kautta. Portti 1 on pääsisäänkäynti, joka pidetään työaikana avoinna. Portti 2 avataan ainoastaan tarvittaessa.

Tehtaan tuotanto- ja varastohalli on 207 metriä pitkä, 19 metriä leveä ja 9 metriä korkea. Halli jakautuu kolmeen osaan. Hallin päädyssä sijaitsee betoniasema ja sorasiilot. Ensimmäiseen hallin osaan on sijoitettu raudoittamo ja elementtituotanto. Elementtituotannossa on kahdeksan elementtipöytää ja yksi kaksipuoleinen pilari- ja palkkimuotti. Hallin toisessa osassa sijaitsee elementtien jälkikäsittely, kuorilaattatuotanto ja elementtivarasto. Jälkikäsittelyalueella elementit viimeistellään ja tarkastusmitataan ennen varastointia. Hallin kolmannessa osassa sijaitsee elementtivarasto, terästen välivarasto ja lastausalue. Hallin päädyssä on kolme nosto-ovea. Tehtaan kaikki toiminta on sijoittunut lämpimään hallitilaan, joka varmistaa hallitut olosuhteet ympärivuoden.

Päähallin sivurakennuksissa sijaitsevat sosiaalityöt, muottipaja, tarvikevarastot, korjaamo ja varastokatos. Siipirakennuksena sijaitseva kaksikerroksinen toimistorakennus on sosiaalityötilojen kautta yhteydessä tuotantohalliin.



Kuva 3. YBT:n Ylitornion tehdasalueen layout.

1.4 Aiheen rajaaminen

Tuotantoprosessi on teollisuusyrityksen toiminnan avainasemassa ja sen kehitykseen panostetaan usein merkittävästi. Tuotantoprosessia tukevat toiminnot jäävät helposti tuotannon kehityksen varjoon. Näihin tukitoimintoihin kuuluu muun muassa materiaalivirtojen hallinta, joka vaikuttaa laajasti koko yrityksen toimintaan.

Tämän työn aihe, materiaalivirtojen hallinta, käsittelee YBT:n hankinta- ja toimitusprosesseja ja niiden sidoksia muihin prosesseihin. Työn tavoitteena on YBT:n Ylitornion tehtaan materiaalivirtojen tutkiminen, tehostamiskeinojen kartoittaminen sekä kehittämisprojektin käynnistäminen. Tässä tutkimuksessa, kuten tuotantotehtaan kaikessa kehitystyössä, on otettava huomioon myös laadunhallintajärjestelmän kehitys sekä työturvallisuus.

1.5 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne

Tässä tutkimuksessa on käytetty tapaustutkimusta hyödyntäen konstruktivistista tutkimusotetta. Tutkimus pyrkii ratkaisemaan reaalimaailman ongelman ja näin luomaan uutta konstruktia.

Tutkimuksen teoria käsittelee yrityksen tilaus-toimitusketjua Michael Porterin 1980-luvulla lanseeraaman arvoketjuajattelun kautta keskittyen yrityksen toiminnanohjaukseen ja materiaalihallintaan.

Arvoketju on yrityksen organisoima toisiinsa kytkeytynyt tuotantoverkosto, joka kuvaa tuotteen jalostumista monivaiheisen tuotantoprosessin läpi. Tuotantoverkoston sidokset edellyttävät toimintojen koordinoitua. Arvoketjua onkin hallittava järjestelmänä, jossa sidosten huolellinen hallinta ja toimintojen organisointi tuottaa kustannustehokkuutta. (Porter 2006)

Yrityksen toiminta on riippuvainen myös ulkopuolisista sidoksista. Yrityksen oma arvoketju sisältyy laajempaan arvojärjestelmään, joka muodostuu eri osapuolten arvojärjestelmistä. Yrityksen kyky hallita koko arvojärjestelmää edistää sen kilpailuetua. (Porter 2006)

Tutkimustyön konstruktiona käynnistetään yrityksen logistiikan kehittämisprojekti, jonka tavoitteena on yrityksen tuottavuuden, logistiikan ja asiakaskokemuksen parantaminen.

Tutkimuksessa hyödynnetään kirjallisuuden lisäksi yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää ja sen tietokantaa sekä yrityksen dokumentteja ja havainnointia.

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä luvussa lukija johdatellaan aiheeseen lyhyellä markkinakatsauksella rakennusalaan ja betoniteollisuuteen, jonka jälkeen esitellään tutkimus-

työn kohdeyritys, aiheen rajaaminen, tutkimusmenetelmä ja työnrakenne. Toisessa luvussa käydään läpi rakennushanke, betonielementtikauppa, betonielementtituotanto ja kohdeyrittäjän toiminnanohjausjärjestelmä. Kolmannessa luvussa syvennyttään YBT:n Ylitornion tehtaassa betonielementtituotannon materiaalivirtojen hallintaan. Siinä käydään läpi materiaalihallinta, tulologistiikka, sisälogistiikka, varastointi, lähtölogistiikka ja työturvallisuus. Neljännessä luvussa käsitellään materiaalivirtojen hallinnan eri osa-alueiden tehostamismenetelmiä. Viidennessä luvussa toteutetaan kolme konkreettista toimenpidettä, jotka edistävät kehittämisprojektin käytännön käynnistymistä. Lopuksi yhteenvedossa kerrataan tutkimuksen eteneminen sekä esitetään jatkotutkimusehdotuksia.

2. BETONIELEMENTTITUOTANTO

2.1 Rakennushanke

Rakennushankkeen vaiheita ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto (RT 10-10387 1989). Kuvassa 4 on esitetty rakennushankkeen eri vaiheet RT-ohjekortin 10-10387 mukaisesti. Betonielementtitoimitukseen vaikuttavat vaiheet on merkitty kuvaan vihreällä taustalla.

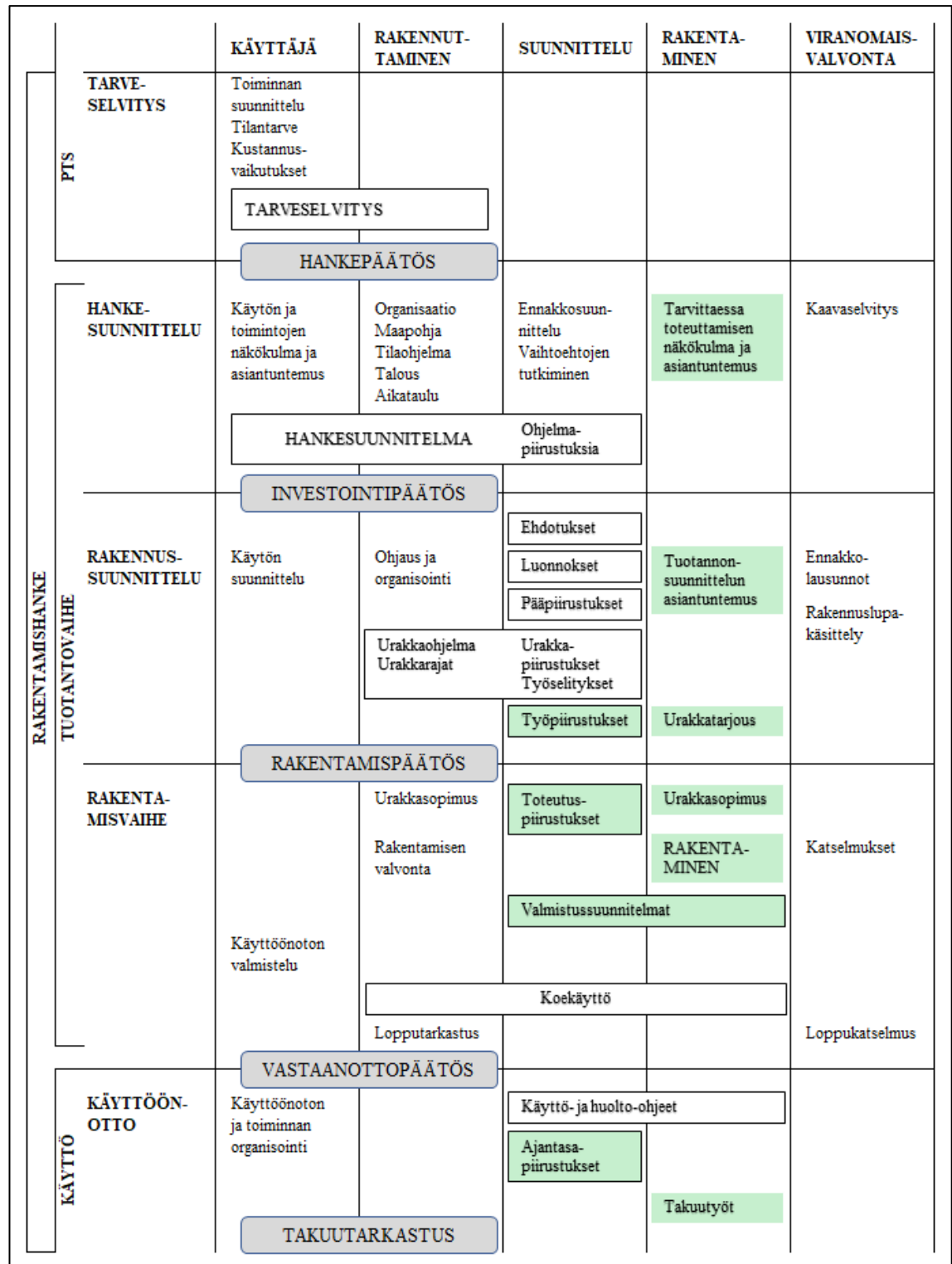
Rakennushanke alkaa tarveselvitysvaiheella, jossa selvitetään hankkeen tarpeellisuus, edellytykset ja mahdollisuudet. Tarveselvityksen pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös, alustava aikataulu ja taloussuunnitelma. (Liuksiala & Stoor 2014)

Hankesuunnitteluvaiheessa luodaan hankesuunnitelma, jossa kuvataan hankkeen toteuttamistapa, laajuus- ja laatuvaatimet, alustavat kokonaiskustannukset ja aikataulu. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös. (Liuksiala & Stoor 2014)

Rakennussuunnitteluvaihe alkaa suunnittelijoiden kanssa tehtävistä suunnittelusopimuksista. Rakennussuunnitteluvaiheen suunnittelijoita ovat pääsuunnittelija, arkkitehti, rakennesuunnittelija, sähkösuunnittelija, LVI-suunnittelija ja muut mahdolliset erikoissuunnittelijat. Eri suunnittelijoiden suunnitelmien yhteensovittamisesta vastaa pääsuunnittelija. Rakennushanke etenee usein rakentamisvaiheeseen jo ennen rakennussuunnitelmien valmistumista valmiiksi. Rakennuttaja tekeekin usein rakentamispäätöksen heti rakennusluvan saamisen jälkeen ja rakennussuunnitelmat tarkentuvat hankkeen edistyessä. (Liuksiala & Stoor 2014)

Rakentamisvaiheessa rakennetaan suunnitelmien mukainen rakennus. Rakentaminen toteutetaan valitun toteutusmuodon ja urakkamuotojen mukaan. Toteutusmuotoja ovat rakentaminen omana työnä tai teettämällä työ osittain tai kokonaan yhdellä tai useammalla urakoitsijalla. Erilaisia urakkamuotoja ovat muun muassa kokonaisvastuurakentaminen (KVR), tuoteosakauppa, kokonaisurakka, jaettu urakka, projektinjohtourakointi ja elinkaarisopimukset. (Liuksiala & Stoor 2014)

Rakennushanke päättyy käyttöönottovaiheeseen, johon kuuluu rakennuksen käyttöönotto, käyttäjien perehdytys rakennuksen käyttöön ja takuutarkastus. Rakentamishanke ja urakoitsijan vastuu päättyy takuutarkastukseen lukuun ottamatta urakoitsijan tahallisia tai törkeitä rakennusvirheitä ja -puutteita. (Liuksiala & Stoor 2014)



Kuva 4. Rakennushankkeen vaiheet. (RT 10-10387 1989)

2.2 Betonielementtikauppa

Betonielementtitehtaan kannalta keskeisimmät rakennushankkeen vaiheet ovat rakennussuunnittelu- ja rakentamisvaihe. Betonielementtitehtaan tuotanto sijoittuu rakentamisvaiheeseen, mutta rakennussuunnitteluvaiheessa luodaan elementtituotannon suunnitelmat, joiden toteutus joissain tapauksissa kuuluu betonielementtikauppaan.

Betonielementtikaupan laajuus vaihtelee projekteittain. Kaupan vaihteita voivat olla rakennesuunnittelu, elementtisuunnittelu, valmistus, toimitus, elementtiasennus ja valut.

Suunnittelua sisältävä betonielementtikauppa on tuoteosakauppa. Tuoteosakaupassa urakoitsija suunnittelee, valmistaa ja asentaa tilaajan vaatimusten mukaisesti tuoteosan. (Liuksiala & Stoor 2014)

Betonielementtikaupan rakennesuunnittelu kohdistuu ainoastaan toimituksen kohteena olevien rakenteiden rakennesuunnitteluun. Rakennesuunnittelu ei kuitenkaan sisällä päärakennesuunnittelijan tehtäviä. Päärakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu betonielementtitoimituksen kannalta määritellä rakennejärjestelmän olennaiset vaatimukset, kuten kuormat, palovaatimukset, materiaalivaatimukset, perustusolosuhteet ja riittävät tiedot alustavaa työmaasuunnittelua varten. Rakennesuunnittelun sisältävän toimituksen etuna on rakennetoimittajan mahdollisuus ohjata suunnittelua omaan tuotantoonsa soveltuvaksi niin materiaalien kuin valmistusratkaisujenkin osalta. (Tuoteosakauppa 2018)

Hyvin yleinen käytäntö on tehdä elementtikauppa ilman rakennetoimittajan rakennesuunnittelua, mutta sisällyttäen elementtisuunnittelu kauppaan. Tämän etuna on tarjouspyynnön helpompi rajaaminen ja rakennetoimittajan tarjouksen tarkempi sisältö.

Yksinkertaisin elementtikauppa on tilaus valmiiden suunnitelmien mukaisesti, jolloin rakennetoimittajalle toimitetaan valmiit tuotantokelpoiset elementtipiirustukset.

Betonielementtien valmistuksen jälkeisistä vaiheista toimitus kuuluu lähes aina elementtikauppaan. Betonielementit vaativat erikoiskuljetuskalustoa, jota ei ole yleisesti käytettävissä rahdinkuljettajilla. Tällöin elementit myydään toimitusehdolla vapaasti autossa työmaalla (DAP).

Joissain erikoistapauksissa toimitusehto voi olla myös vapaasti rahdinkuljettajalla (FCA). Tässä tapauksessa myyjän katsotaan toimittaneen tuotteet ostajalle, kun tuotteet on lastattu ostajan nimeämän rahdinkuljettajan kuormaan.

Betonivalmisosarakentaminen toteutetaan rakennustyömaalla nopeasti tehtaissa pitkälle esivalmistetuilla betonielementeillä. Betonielementtien korkea laatu perustuu laatuvalvottujen raaka-aineiden käyttöön. Betonielementtitehtaiden laadunvalvontaa auditoi teh-

taan sisäisen laadunvalvonnan lisäksi ulkopuolisena tahona Inspecta Sertifiointi Oy. Betonielementeille on olemassa eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi, joten tuotteet CE-merkitään. (YBT 2018)

Betonielementtitoimitus voi sisältää myös elementtien asennuksen ja valutyöt.

YBT Oy:n palveluihin kuuluvat kaikki betonielementtikaupan vaiheet suunnittelusta asennukseen. Osa toiminnoista hankitaan alihankintana yhteistyökumppaneilta.

2.3 Betonielementtitehtaan tuotanto

Betonielementtitehtaan tuotanto on asiakasohjautuvaa projektituotantoa. Tuotteet valmistetaan yksilöllisesti asiakkaan tarpeiden mukaan.

Projektilla tarkoitetaan kertaluonteista tehtäväkokonaisuutta, jolla on selkeästi määriteltävissä alku ja loppu. Projektituotanto muodostuu useista yhtäaikaisista toimitusprojekteista ja niiden hallinnasta. Projektituotannon hallinta keskittyy yhteisten resurssien käytön suunnitteluun. (Haverila et al 2009)

Laadulla tarkoitetaan suunnitelmien, standardien, yrityksen sisäisen ja asiakkaan vaatimusten täyttäviä laatuksiteerejä. Poikkeama laadussa aiheuttaa aina lisäkustannuksia, tehottomuutta, pidentää läpäisyäikää ja mahdollisesti vaarantaa toimitusvarmuuden.

Vaikka betonielementtitehtaan tuotantokapasiteetti pystytään usein varaamaan hyvissä ajoin projektin tilauksen yhteydessä, eivät valmistuspiirustukset yleensä ole vielä siinä vaiheessa valmiita. Suunnitelmien valmistuttua täytyy tehtaan tuotannon päästä käyntiin hyvin nopeasti, jotta projektin tuotteet ehditään valmistaa aikataulussa. Tämä asettaa haasteen hankintaprosessille, koska hankintatieto saadaan usein vasta hyväksytyjen valmistuspiirustusten valmistuttua.

Taulukossa 1 on esitetty YBT:n vuosien 2015–2017 keskimääräinen tuotannon aloitus-aika kalenterivuorokausina valmistuspiirustusten saapumisesta.

Taulukko 1. YBT:n vuosien 2015–2017 keskimääräinen tuotannon aloitusaika valmistuspiirustusten saapumisesta (YBT ERP)

Vuosi	Tuotannon aloitusaika (d)
2015	15,9
2016	18,3
2017	9,7

Projektien koko vaihtelee pienistä yksittäisten elementtien toimituksista suuriin toimituskokonaisuuksiin. Taulukossa 2 on esitetty YBT:n vuosien 2015–2017 projektien keskimääräiset tuotemäärät ja tonnit sekä kyseisenä vuonna aloitetun suurimman projektin vastaavat arvot.

Taulukko 2. *YBT:n vuosien 2015–2017 keskimääräiset ja suurimmat projektien tuotantomäärät (YBT ERP)*

Vuosi	keskimäärin kpl	keskimäärin tonnit	suurin kpl	suurin tonnit
2015	69	304	782	4406
2016	68	212	2157	3840
2017	67	257	933	2412

Valmiiden betonielementtien varastointiin tarvitaan paljon tilaa. Joissain tapauksissa tuotteiden toimitusajat ovat pitkiä, kun tuotteet valmistetaan ennakkoon varastoon. Taulukossa 3 on esitetty YBT:n vuosien 2015–2017 keskimääräiset varastointiajat kalenterivuorokausina.

Taulukko 3. *YBT:n vuosien 2015–2017 keskimääräiset valmiiden tuotteiden varastointiajat (YBT ERP)*

Vuosi	Keskimääräinen varastointiaika (d)
2015	33,3
2016	36,3
2017	33,6

Betonielementtien valmistuksen sarjan pituus on hyvin lyhyt. Lähes jokainen tuote on yksilöllinen. Yksilöllisten tuotteiden valmistus asettaa suuret vaatimukset tuotannon joustavuudelle. Taulukossa 4 on esitetty YBT:n vuosien 2015–2017 tuotannon keskimääräiset sarjojen pituudet. (YBT ERP)

Taulukko 4. *YBT:n vuosien 2015–2017 tuotannon keskimääräiset sarjojen pituudet (YBT ERP)*

Vuosi	Keskimääräinen sarjan pituus (kpl)
2015	1,59
2016	1,79
2017	1,68

Betonielementtituotannon työvaiheet keskittyvät pääasiassa elementtipöydälle. Elementtipöytien määrä ja niiden koot määrittelevät tehtaan tuotannon kapasiteetin. Esivalmisteluna voidaan valmistaa muotteja ja raudoituksia, mutta niidenkin lopullinen työstö on tehtävä elementtipöydällä. Liitteissä A - C on esitetty betonielementtien mallipiirustuksia.

Betonielementtien valmistus pyritään toteuttamaan yhden vuorokauden kiertona. Työ suoritetaan yhdessä vuorossa, jolloin betonin kypsymiselle jää riittävästi aikaa saavuttaa purkulujuus seuraavaan aamuun mennessä. Taulukossa 5 on esitetty betonielementtituotannon yleisimpiä työvaihteita ja niiden toteutuspaikat.

Taulukko 5. *Betonielementtituotannon yleisimmät työvaiheet ja pääasialliset toteutuspaikat YBT:n Ylitornion tehtaalla. (YBT FPC)*

Työvaihe	Toteutuspaikka
Muottityö	Muottipaja ja elementtipöytä
Raudoitus ja varustelu	Raudoittamo ja elementtipöytä
Ansaiden ja eristeiden asennus	Elementtipöytä
Betonointi	Elementtipöytä
Valupinnan käsittely	Elementtipöytä
Jälkihoito	Elementtipöytä
Muottien purkaminen	Elementtipöytä
Pintojen käsittely	Jälkikäsittely
Jälkikäsittely	Jälkikäsittely
Valmiin tuotteen tarkastukset	Jälkikäsittely
Varastointi	Varasto
Kuorman lastaus	Varasto ja lastausalue

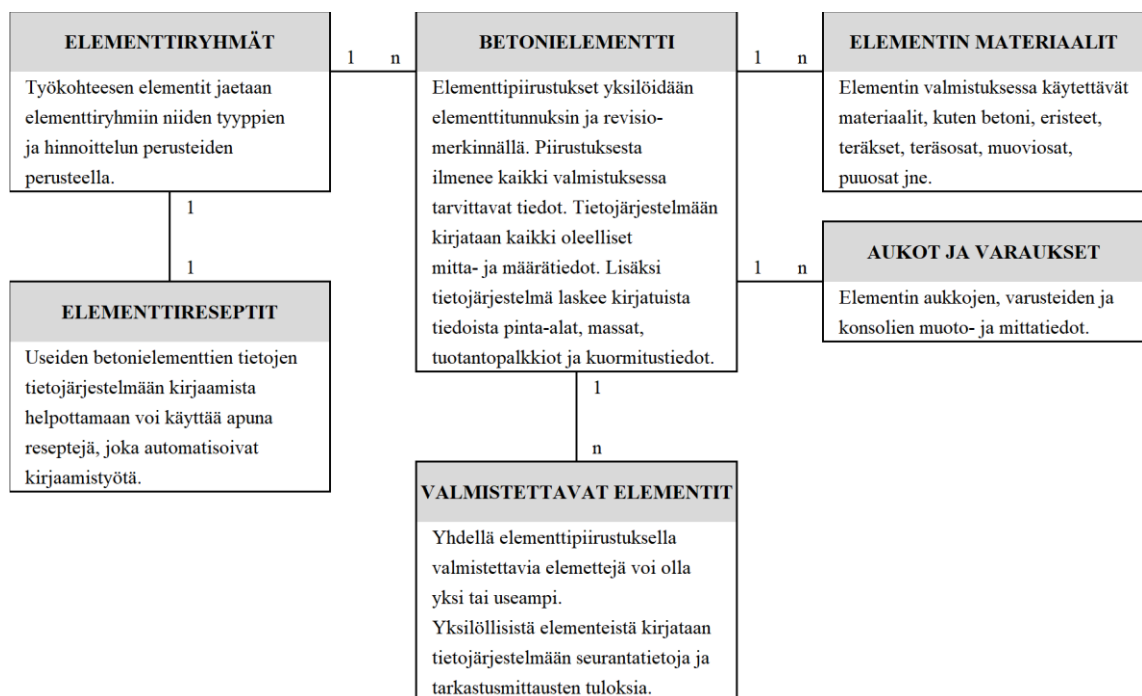
Laadunvalvonnan mukaisesti betonielementtien on käytävä läpi tarvittavat laadunvalvonnan mittaukset ja tarkastukset. Työmaalle toimitettavat betonielementit on laadunvalvonnan hyväksyttävä toimituskelpoisiksi. YBT:n toiminnanohjausjärjestelmä (YBT ERP) ei anna mahdollisuutta lisätä betonielementtiä kuormakirjaan ennen kuin tuote on merkitty hyväksytysti valmistetuksi. (YBT FPC 2017)

2.4 Toiminnanohjausjärjestelmä

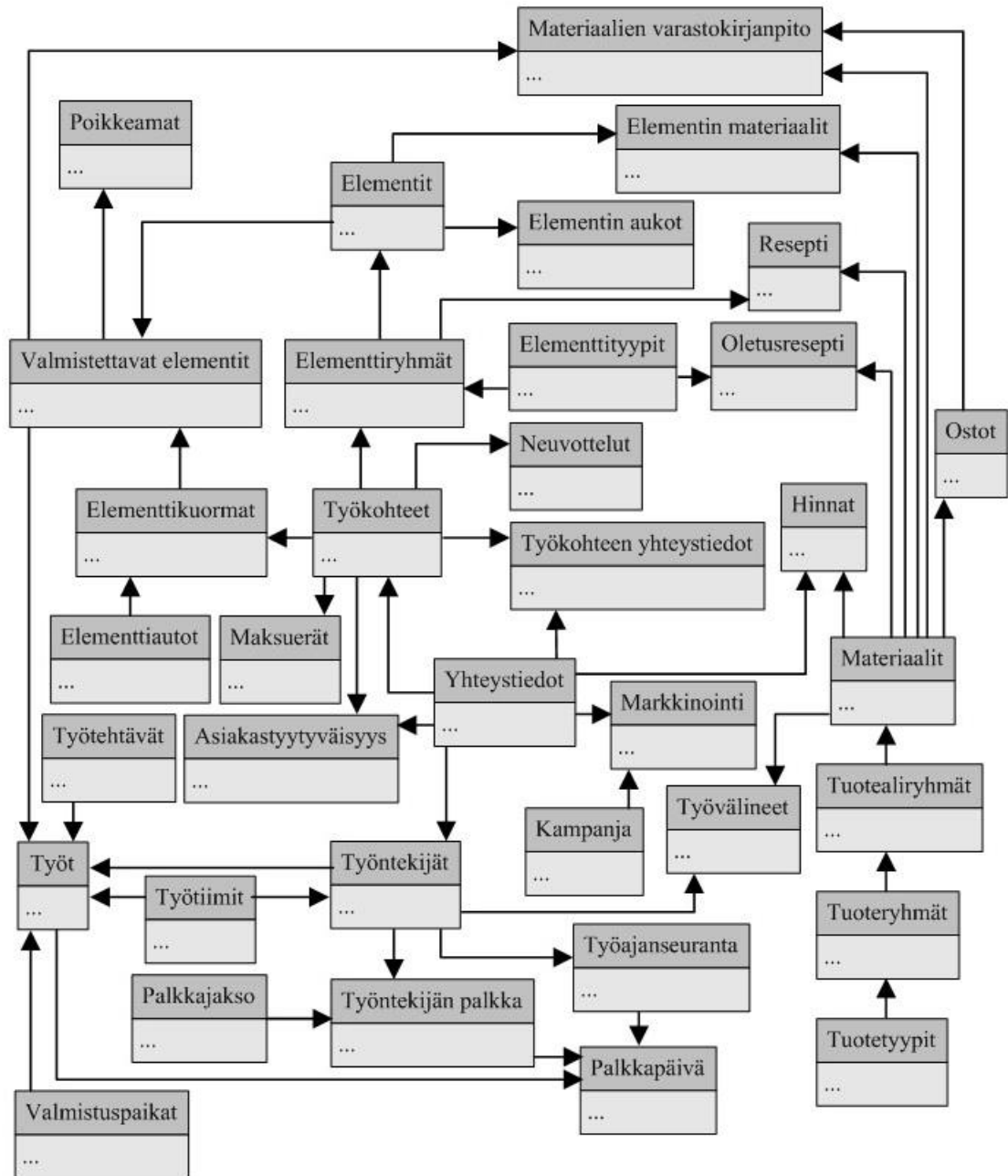
Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) on integroitu tietojärjestelmä, joilla hoidetaan yrityksen vaatimat tiedonhallintatoiminnot. Järjestelmän ideana on integroida tietojenkäsittely ja toiminnanohjaus, niin että tieto syötetään järjestelmään kerran ja se on kaikkien käytettävissä jatkossa. Järjestelmällä hallitaan tehokkaasti yrityksen resursseja ja suunnitellaan tuotantoa keskitetysti. (Haverila et al 2009)

Tuotantotehtaiden toiminnanohjausjärjestelmältä vaaditaan erityisominaisuuksia projektien ja sen sisältämien tuoterakenteiden hallintaan. Toiminnanohjausjärjestelmien tietorakenteet määrittelevät järjestelmän kyvyn hallita vaadittavia projekti- ja tuoterakenteita. Tuoterakenteella on pystyttävä määrittelemään myyty kokonaisuus ja hallittava tuotteiden valmistuksessa tarvittavat tiedot. Tuoterakenne määrittelee tuotteiden valmistuksessa vaadittavat materiaalit, raaka-aineet ja kaikki muut tarpeelliset sekä määrälliset että laadulliset tuotetiedot.

YBT:llä on käytössä yrityksen omiin tarpeisiin suunniteltu ja toteutettu toiminnanohjausjärjestelmä YBT ERP, joka kattaa kaikki yrityksen keskeisimmät toiminnot. YBT ERP on projektien hallintajärjestelmä, jossa projektit muodostavat myydyn toimituskokonaisuuden. Projekti sisältää elementtiryhmiä, jotka sisältävät betonielementtejä. Betonielementti on tehtaan valmistama tuote, joten järjestelmän tuoterakenne on suunniteltu sen tarpeiden mukaan. Kuvassa 5 on esitetty YBT ERP:n betonielementtien tuoterakenne ja kuvassa 6 on esitetty YBT ERP:n tietokannan rakenne pääpiirteittäin. (Alapuranen 2010)



Kuva 5. Betonielementin tuoterakenne (YBT ERP).



Kuva 6. YBT ERP toiminnanohjausjärjestelmän tietokannan rakenne (Alapuranen 2010).

Toiminnanohjausjärjestelmä on käytössä yrityksen kaikilla tehtailla. Jokainen tehdas pystyy hallitsemaan järjestelmällä oman tehtaan vaatiman toiminnan. Lisäksi järjestelmä mahdollistaa tehtaiden yhteisten projektien hallinnan.

Toiminnanohjausjärjestelmällä hallitaan keskitetysti kaikkien tehtaiden:

- tarjouslaskenta
- materiaalihallinta
- tuotanto
- toimitus
- laadunvalvonta
- laskutus
- kulunvalvonta
- työajanseuranta
- palkanlaskenta
- kehityshankkeet
- toimenpidemuistiot

Toiminnanohjausjärjestelmä ylläpitää mittareita kaikkiin yrityksen prosesseihin ja toimii yritystoiminnan johtamisen tukena niin operatiivisessa kuin strategisessa suunnittelussa.

YBT ERP:n kehitystyö on yrityksen omassa hallussa, joka mahdollistaa uusien ominaisuuksien ja muutosten toteuttamisen ketterästi. Toiminnanohjausjärjestelmän kehitystyö onkin jatkuvaa ja uusia ominaisuuksia sekä muutoksia tehdään kuukausittain.

3. BETONIELEMENTTITEHTAAN MATERIAALIVIRRRAT

3.1 Materiaalihallinta

Materiaalihallinnalla hallitaan raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankintaa, varastointia ja jakelua. Materiaalihallinta ohjaa kaikkia materiaalivirtoja sekä toimittajilta tehtaalte että tehtaalta asiakkaille. Materiaalihallinnan tavoitteena on ylläpitää haluttua palvelutasoa ja minimoida materiaalihallinnan kokonaiskustannukset. (Haverila et al 2009)

Materiaalihallinnan kokonaiskustannukset muodostuvat seuraavista osa-alueista (Haverila et al 2009):

1. Ostettavien materiaalien hinta
2. Oston kustannukset
3. Kuljetus, vastaanotto ja tarkastuskustannukset
4. Varastointikustannukset
5. Jakelukustannukset
6. Materiaalivirheiden aiheuttamat kustannukset tuotannossa
7. Puutekustannukset
8. Reklamaatiokustannukset

Varastovalvonnalla ylläpidetään reaaliaikaista tilannetietoa materiaaleista ja niiden varastosaldoista. Varastosaldoja ylläpidetään tuotannon materiaalien käytön mukaisesti sekä hankintatoimen hankintojen että toimitusten vastaanoton perusteella. Tämä vaatii tarkkaa varastokirjanpitoa ja järjestelmällistä toimitusten vastaanottoa.

Materiaalihukka vaihtelee usein paljon eri materiaaleilla, jolloin varastokirjanpidon ajantasaisuus on haastavaa. Varastoinventaariolla pyritään täsmäämään varastoarvot tietyin väliajoin fyysisesti laskemalla materiaalmäärät.

Eri tyyppiset materiaalit hankitaan eri menetelmillä. Erikoismateriaaleja hankitaan usein asiakkaiden ostotilausten perusteella tarkalleen tarvittava määrä. Vastaavasti paljon kulutettavat materiaalit pidetään varastomateriaaleina, jotka hankitaan materiaalille määritellyn tilauserän mukaisesti.

Materiaalien tilauserien määrittelyyn on useita menetelmiä (Haverila et al 2009):

1. **Bruttotarve.** Tilauserän koko tarvelaskennan mukainen materiaalien tuleva tarve. Olemassa olevia materiaalivarastoja ei oteta tässä huomioon.
2. **Nettotarve.** Tilauserän koko bruttotarve vähennettynä materiaalivaraston saldolla.
3. **Vakiotilauserä.** Tilauseräksi on määritelty vakioeräkoko, joka on yleensä määritelty hankinnan taloudellisuuden perusteella
4. **Täydennys maksimitasolle.** Tilauserän koko täydentää varaston halutulle maksimitasolle nykyisestä varastosaldosta.
5. **Jakson tarve.** Tilauserän koko määritellään tietyn ajanjakson tarpeen perusteella.
6. **Optimoivat menetelmät.** Tilauserän koko optimoidaan varastointi- ja tilauskustannusten minimoimiseksi.

Materiaalin toimitusajan kuluessa varaston saldo mahdollisesti pienenee ennen toimituksen saapumista. Tilausajankohdan määrittelyssä onkin syytä varautua toimitusajan tarpeisiin. Myös materiaalien tilauserien määrittelyssä on syytä huomioida toimitusaika erityisesti pitkän toimitusajan vaativien materiaalien osalta.

Materiaalien luokitteluun on eri menetelmiä niiden merkityksellisyyden perusteella. Idea luokittelussa on erottaa taloudellisesti merkittävät materiaalit vähämerkityksellisistä ja keskittää hankintaresursseja merkityksellisten materiaalien hankintaan. Yksinkertainen yleisesti käytetty luokittelu on 20/80-sääntö. Sen mukaan 20 % nimikkeistä aiheuttaa 80 % vuosikulutuksesta. Monimutkaisemmassa ABC-analyysissä luokkien määrä ja luokkarajat asetetaan käyttötarpeen mukaan. (Haverila et al 2009)

Toimitusketjun hallinta (SCM) on toimittaja- ja asiakassuhteiden hallintaa. Sen tavoitteena on laaja eri osapuolien toiminnan yhteensovittaminen ja koko toimitusketjun kustannusten minimointi ja tehokkuus. Toimitusketjun hallinta katsotaankin laajemmaksi kuin ainoastaan materiaalivirtojen hallinta. Toimitusketjun hallinnassa korostuu lisäksi osaamisen, tuotteiden, valmistusprosessien ja toimintojen kehittäminen. (Haverila et al 2009)

Japanilaisen autoteollisuuden kehittämän tuotannon imuohjausmenetelmän Just-In-Time (JIT) tavoitteena on parantaa tehokkuutta valmistuksen läpimenoajan lyhentämisellä. Menetelmä pyrkii karsimaan turhat resurssit, materiaalit ja varastoinnit tuotannosta. Tämä vaatii hyvin läheistä toimintaa alihankkijoiden ja toimittajien kanssa. (Sakki 2014)

3.2 Tulologistiikka

Betonielementtitehtaan määrällisesti merkittävimmät materiaalit ovat betonin runkoaineet, sementti, teräksiset, teräsosat, muovitarvikkeet ja puutavara. Taulukkoon 6 on kerätty määrällisesti merkittävimmät saapuvat materiaalitoimitukset.

Taulukko 6. Määrällisesti merkittävimmät YBT:n Ylitornion tehtaalle vuosittain saapuvat materiaalitoimitukset. (YBT ERP)

Materiaali	Käyttö vuodessa	Toimitukset vuodessa	Vastaanottoaikka
Runkoaineet	10 150 t	254	Runkoaine varastokasat
Sementti	2 200 t	55	Sementtisiilot S2
Betonin lisäaineet		2	Sisäänkäynti P1
Harjateräksset	300 t	8	Sisäänkäynti I2
Rauditusverkot	154 t	4	Sisäänkäynti I2
Teräsosat		188	Sisäänkäynti E2
Eristeet	1560 m ³	20	Ulkovarasto ja sisäänkäynnit P1 ja P3
Muovitarvikkeet		75	Sisäänkäynti P1 ja E1
Puutavarat		6	Sisäänkäynti E1
YHTEENSÄ		612	

Betonin runkoaineet ovat laatuvalvottua kiviainesta. YBT:n Ylitornion tehtaalla käytössä on 0-8 mm ja 8-16 mm kiviainekset. Betonin runkoaineet varastoidaan tehdasalueella varastokasoihin, josta ne siirretään pyöräkonekuljetuksena betoniaseman runkoainesiiloihin.

Sementti on betonin sideaine. Sementti toimitetaan betonitehtaalle irtosementtinä säiliöautolla, josta se puhalletaan sementtisiiloihin. Betoniasema annostelee sementin suoraa sementtisiilosta.

Betonin lisäaineet ovat kemikaaleja, joilla hallitaan betonin ominaisuuksia. Lisäaineet toimitetaan betonitehtaalle pääasiassa tuhannen kilogramman säiliöissä. Joissain erikoistapauksissa lisäaineita voidaan toimittaa myös pienemmissä, esimerkiksi 20 tai 200 kg, säiliöissä.

Teräksset toimivat suunnitelmien mukaisina raudotteina betonielementeissä. YBT:n Ylitornion tehtaalla teräksset varastoidaan välivarastoon varastohalliin, josta ne kuljetetaan yksittäisinä nippuina siltanosturilla raudoittamoon.

Harjateräksset ovat 6 tai 12 metrin pituisia tankoja, jotka toimitetaan noin 2500 kg nipuissa. Harjaterästen yleisimmät Suomessa käytettävät halkaisijat ovat 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 mm.

Rauditusverkkojen yleisin varastokoko on 2350 x 5000 mm. Rauditusverkkoja voidaan valmistaa mittojen mukaan, mutta määrämittaisten verkkojen teettäminen vaatisi suuren

eräkoon. Raudoitusverkot valmistetaan ristiin hitsatuista harjateräksistä, joiden yleisimmät paksuudet ovat 5, 6, 8, 10 ja 12 mm. Verkon harjaterästen standardivälit ovat 150 ja 200 mm. Raudoitusverkot toimitetaan noin 1000 kg nipuissa.

Ruostumattomia harjateräksiä ja verkkoja käytetään kohteissa, joissa teräkseltä vaaditaan korroosionkestävyyttä. Ruostumattomien teräksien yleisimmät Suomessa käytettävät halkaisijat ovat 5, 7, 9 ja 11 mm.

Betonielementteihin asennetaan lukuisia erilaisia teräsosia kuten harjateräspultteja, kiinnityslevyjä, pilarikenkiä, palkkikenkiä, seinäkenkiä, valukoteloita, kulmasuojia, työsaumaraudoitteita, vaijerilenkkejä, ansaita, pistokkaita, kaideliitoksia, nostolenkkejä ja nostoankkureita. Teräsosat toimitetaan kuormalavoilla tai laatikoihin pakattuina.

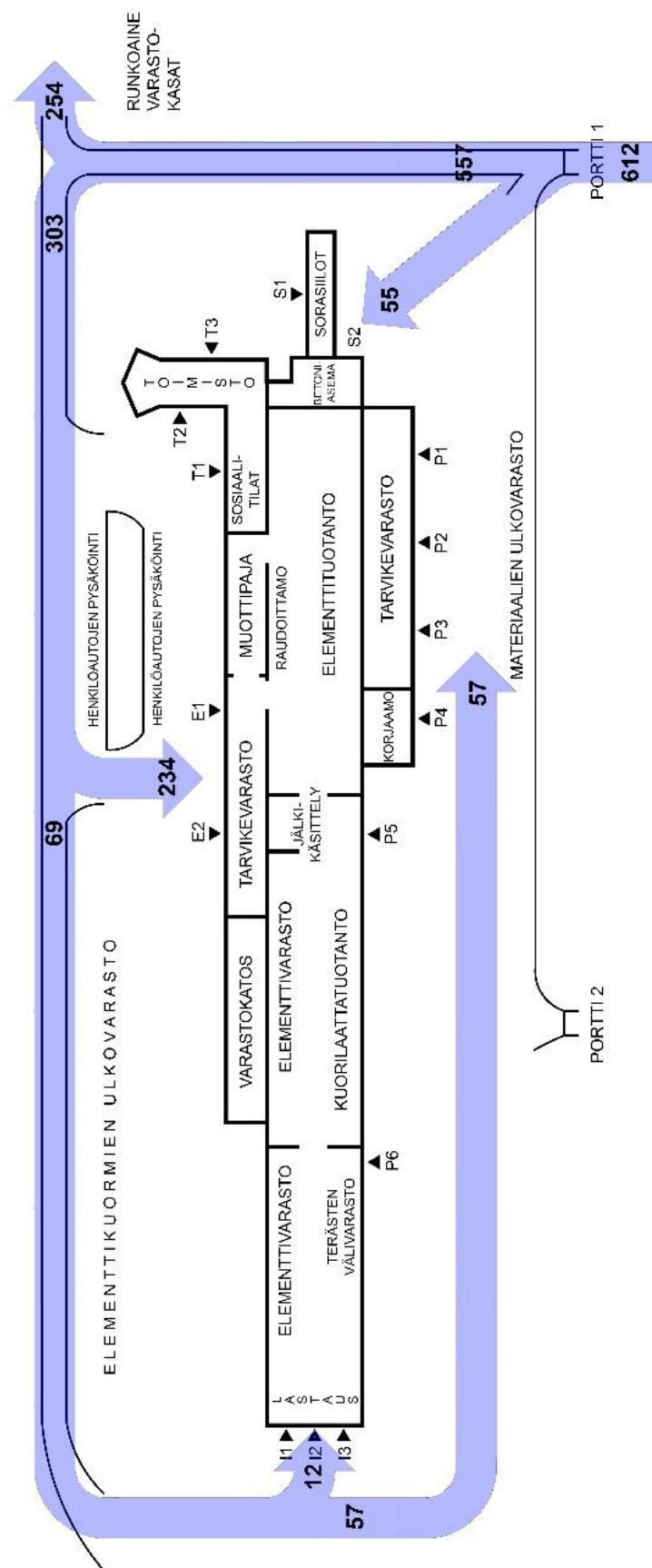
Ulkoseinäelementteihin asennettavia eristeitä on useita erilaisia villa- tai muovieristeitä. Eristeet ovat paljon tilavuutta vaativia tuotteita, jotka välivarastoidaan ulkoalueilla tai katoksessa. Eristeet eroavat toisistaan materiaalirojen lisäksi myös paksuudessa ja joissain tapauksissa eristeet ovat uritettu. Tuotantoon toimitetaan tarpeen mukaan ainoastaan kuttakin eristelajia yksi käytössä oleva lava.

Betonielementtien valmistuksessa käytetään paljon erilaisia muovitarvikkeita muotteina, välikkeinä, läpivienteinä sekä tarvikkeina kuten esimerkiksi sähkörsiat ja -putket. Suurin osa muoviosista toimitetaan laatikoihin pakattuna. Joitain suurempia eriä esimerkiksi väliskeitä voidaan toimittaa kuormalavoilla.

Betonielementtien valumuotit valmistetaan pääasiassa puutavarasta. Käytettävien filmivanereiden paksuudet vaihtelevat 9–18 mm välillä. Lisäksi kertopuu on yleinen muottitarvike mittatarkkuuden ja suoruuden ansiosta.

Suurempien materiaalien lisäksi tehdasalueelle toimitetaan päivittäin pientavaratoimituksia, joista kertyy paljon liikennettä ja tavarantoimitustyötä suhteessa toimitettuun materiaalmäärään. Tässä tutkimuksessa pientavaratoimituksia ei ole huomioitu.

Vuoden 2017 työpäivien määrä oli yhteensä 251 työpäivää (TES 2017). Laskennalliseksi päivittäiseksi saapuvaksi rahtiliikenteeksi muodostuu 2,4 toimitusta työpäivässä. Lisäksi pientavaratoimituksia saapuu arviolta yhdestä kolmeen päivässä. Kuvassa 7 on esitetty YBT:n Ylitornion tehtaan vuoden 2017 saapuneet materiaalityötoimitukset.



Kuva 7. YBT:n Ylitornion tehtaan tulologistiikka vuositasolla. Lukemat virtauksessa kuvaavat toimitusten määrää vuodessa.

3.3 Sisälogistiikka

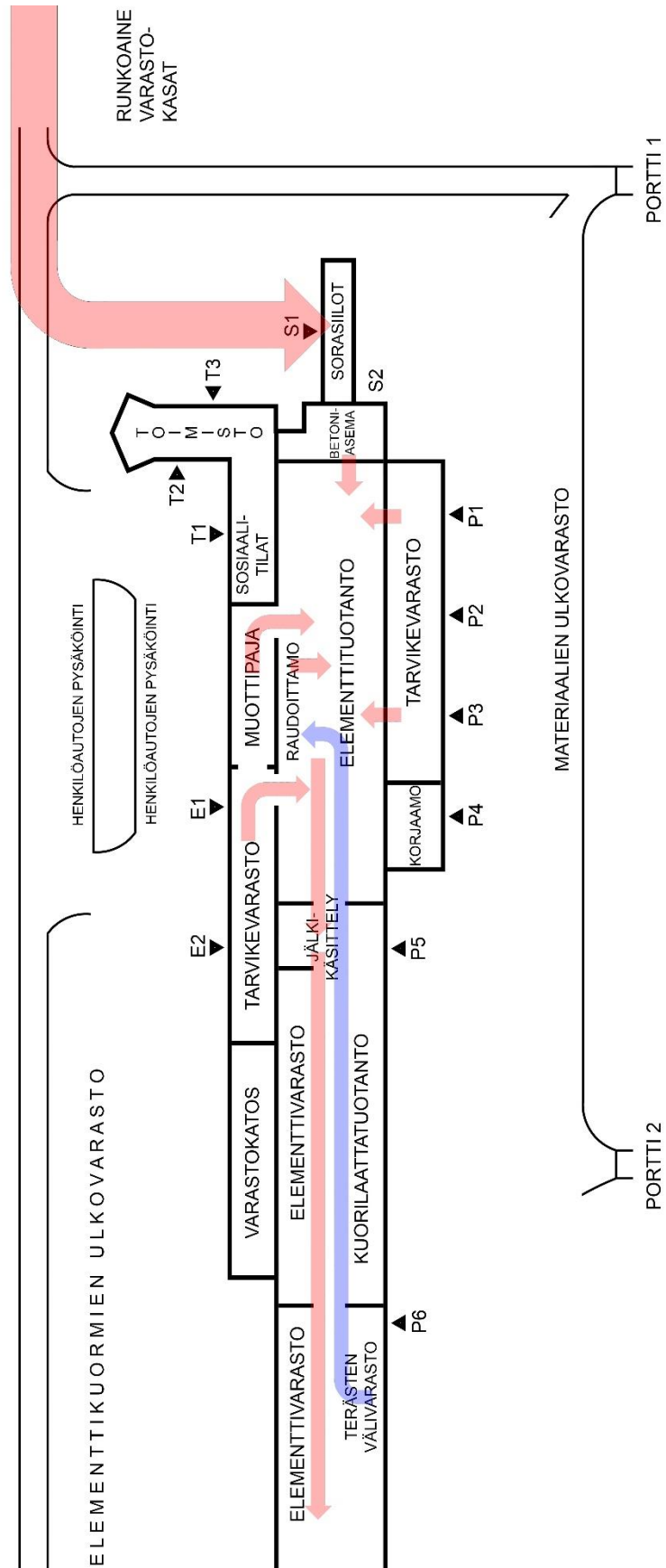
Betonielementtitehtaan sisäiset materiaalivirrat muodostuvat valmistettavien tuotteiden materiaalien toimittamisesta tuotantoon ja lopulta elementtipöydälle. Betonin kypsymisen jälkeen valmiit tuotteet kuljetetaan jälkikäsitteilyyn ja sieltä valmiiden tuotteiden varastoon.

Betonin runkoaineet kuljetetaan päivittäin runkoaineiden varastokasoista pyöräkoneella 2,5 kuution kauhalla runkoainesiiloihin. Taulukon 6 mukaisesti runkoaineita käytetään vuosittain 10 150 tonnia. Tämä tarkoittaa päivittäin keskimäärin kymmenen kauhallista runkoaineita. Matkaa runkoaineiden varastokasoilta betoniaseman runkoainesiiloihin on 100 metriä, joten pyöräkoneella ajetaan päivittäin keskimäärin kaksi kilometriä runkoaineiden siirtämiseksi.

Teräkset kuljetetaan tarpeen mukaan varastohallin terästen välivarastosta yksittäisinä nippuina raudoittamoon siltanosturilla. Taulukon 6 mukaisesti terästä käytetään vuosittain 454 t eli 274 nippua. Tämä tarkoittaa päivittäin keskimäärin 1,09 siirtoa välivarastosta raudoittamoon. Etäisyyttä varastohallin terästen välivarastosta raudoittamoon on noin 150 metriä. Kuljetus siltanosturilla vaatii siis lähes koko hallin läpi mittaisen ajon, joka estää samanaikaiset työskentelyt myös muilla siltanostureilla.

Betonielementit valmistetaan elementtipöytien päällä. Tuotanto etenee taulukossa 5 esitettyjen työvaiheiden mukaisesti. YBT:n Ylitornion tehtaalla on käytössä kahdeksan elementtipöytää, joilla kullakin valmistetaan yleensä yksi tai kaksi betonielementtiä. Lisäksi runkoelementtejä valmistetaan runkomuotilla ja laattaelementtejä kuorilaattamuotilla. YBT:n Ylitornion tehtaan vuoden 2017 keskimääräinen päivittäinen tuotanto oli 11,6 betonielementtiä (YBT ERP).

Betonielementtien enimmäiskokoon vaikuttavat kuljetuskaluston suurimmat sallitut mitat ja massat. Tuotannon puolesta seinäelementtien enimmäiskorkeus voi olla teoriassa jopa viisi metriä ja enimmäispituus 12,5 metriä. Runkoelementit voivat olla teoriassa jopa 24 metriä pitkiä. Nostokapasiteettia YBT:n Ylitornion tehtaalla on kaksi 16 tonnin siltanosturia ja yksi 12,5 tonnin siltanosturi, joten kahdella nosturilla nostettaessa yksittäisen elementin suurin mahdollinen massa on 32 tonnia.



Kuva 8. YBT:n Ylitornion tehtaassa sisälogistiikka. Punaiset materiaalivirrat tapahtuvat yli kymmenen kertaa päivässä, sininen keskimäärin kerran päivässä.

3.4 Varastointi

Varastolla tarkoitetaan yrityksen koko vaihto-omaisuutta. Varastotilat, tehdashalli ja kuljetusvälineet ovat kaikki varastotiloja. Ylimääräinen vaihto-omaisuus vaikuttaa negatiivisesti liiketoiminnan pääoman tuottoon. Toisaalta kuitenkin hyödyllinen varasto parantaa toimituskykyä ja liiketoiminnan kannattavuutta. (Sakki 2014)

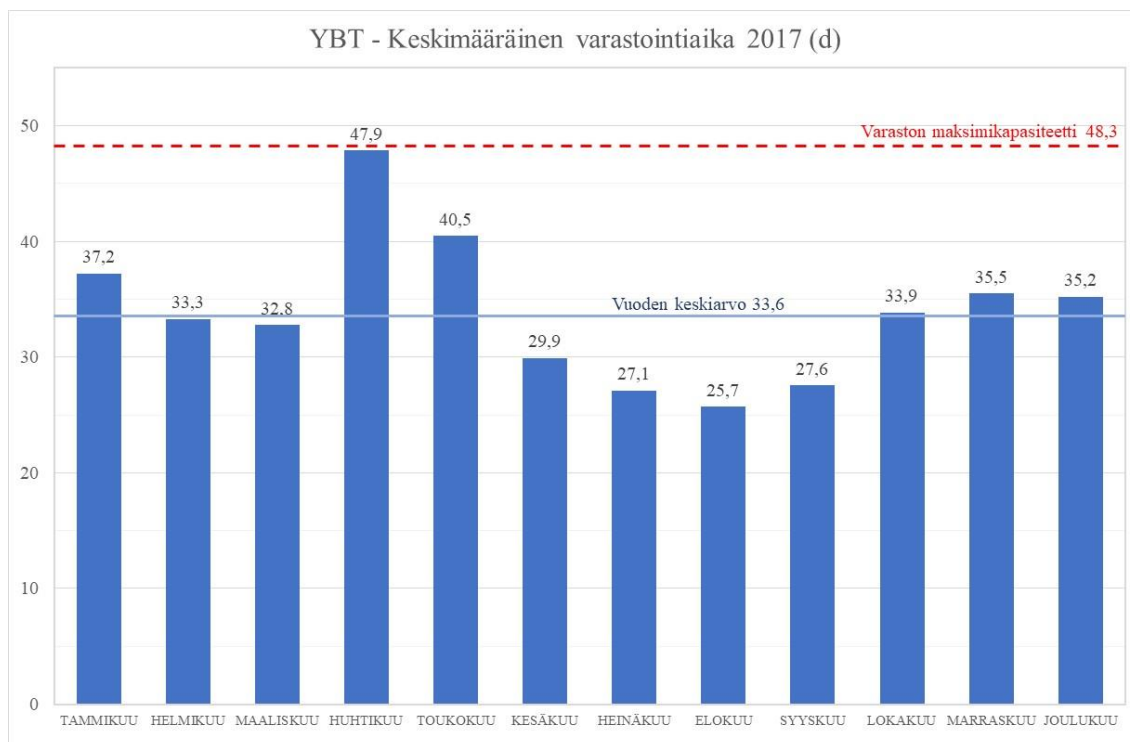
Materiaalivarasto muodostuu kahdesta osasta, aktiivi- ja passiivivarastosta. Aktiivivarastoa on materiaaliostojen mukainen varasto, joka tuo lisäarvoa liiketoiminnalle. Passiivivarastoa on täydennystilauksen saapuessa varastossa jäljellä oleva määrä materiaalia, joka syntyy hankinnan epävarmuudesta ja usein huomaamatta pikkuhiljaa. Passiivivarastosta osa on tarpeellista varmuusvarastoa, mutta usein suurin osa siitä on turhaa kustannusta liiketoiminnalle. (Sakki 2014)

Betonielementtituotannon valmiista tuotteista runkoelementit varastoidaan lattialle ja seinäelementit pystyasennossa kampatelineisiin. Tuotteiden varastointipaikkoja ei ohjata toiminnanohjauksella erikseen, vaan ne varastoidaan varastotyöntekijän oman valinnan mukaisesti parhaaseen soveltuvaan varastopaikkaan.

Kampatelineiden varastokapasiteetin merkittävin rajoittava tekijä on elementtien paksuus. YBT:n vuonna 2017 valmistamien seinäelementtien keskipaksuus oli 307 mm (YBT ERP). Kampatelineen kiinnitykseen käytettävä kampa vaatii lisäksi noin 60 mm tilaa. YBT:n Ylitornion tehtaalla varaston kampatelineitä on yhteensä 117 metriä ja runkoelementeille lattiatilaa noin 30 metriä. Näillä tiedoilla laskettuna elementtien teoreettinen varastokapasiteetti on 401 elementtiä.

Keskimääräisen päivittäisen tuotannon ollessa 11,6 elementtiä, varaston enimmäiskapasiteetti on arviolta 34,5 työpäivän tuotanto. Kun tuotantoa tehdään pääasiassa viitenä päivänä viikossa, on varaston kapasiteetti 48,3 kalenteripäivää. Taulukon 3 mukaisesti vuoden 2017 keskimääräinen varastointiaika oli 33,6 kalenteripäivää. Näin ollen varaston keskimääräinen käyttöaste oli 70 %.

Kuvassa 9 on esitetty YBT:n vuoden 2017 eri kuukausien tuotantojen keskimääräiset varastointiajat. Kuvasta voidaan havaita, että valmistuotevaraston käyttöaste on saavuttanut 99 % huhtikuussa 2017.



Kuva 9. YBT:n keskimääräinen valmiiden tuotteiden varastointiaika kuukausittain vuodelta 2017 (YBT ERP).

3.5 Lähtölogistiikka

Toiminnanohjausjärjestelmässä ylläpidetään reaaliaikaista tilannetietoa valmistettavista tuotteista. Betonielementit ovat yksilöllisiä tuotteita, jotka toimitetaan työmaalle asennustyönjohtajan määräämässä asennusjärjestyksessä.

Betonielementtikuormien suunnitteluun ja sopivan kuljetuskaluston valintaan vaikuttavat betonielementtien muoto, koko ja massa. YBT:llä kuljetuspalveluihin käytetään oman kuljetuskaluston lisäksi ulkopuolisia alihankkijoita.

Betonielementtien kuljetuksiin käytetään yleisesti täysperävaunu- ja puoliperävaunuyhdistelmiä sekä B-junaa. Lisäksi erikoiskalustona käytetään muun muassa korkeiden betonielementtien kuljetuksiin kehitetty allasperävaunua, jossa on irrotettava lavajärjestelmä.



Kuva 10. Allasperävaunu irrotettavalla lavajärjestelmällä.

Allasperävaunun lava on mahdollista jättää ja ottaa kyytiin myös kuormattuna. Lavojen käyttö nopeuttaa betonielementtitoimitusten logistiikkaa huomattavasti, kun lava voidaan lastata valmiiksi ja ajoneuvo noutaa valmiiksi lastatun lavan. Vastaavasti työmaalla lava voidaan jättää tasaiselle alustalle ja ajoneuvon ei tarvitse aina jäädä odottamaan kuorman purkua.






Kuva 11. Allasperävaunun lavoja kuormattuna.

Maantiekuljetuksessa ajoneuvoyhdistelmän suurin sallittu korkeus ilman erikoiskuljetuslupaa on 4,40 metriä, leveys 2,60 metriä ja pituus 25,25 metriä. Taulukossa 7 on esitetty Valtioneuvoston asetuksen mukaiset auton ja perävaunun yhdistelmän suurimmat sallitut massat. Yhdistelmän suurimpiin sallittuihin massoihin vaikuttaa akselimäärän ja yhdistelmän koostumuksen lisäksi myös akselien keskinäiset etäisyydet, vetävät akselit ja auton moottorin teho. (Valtioneuvoston asetus 2013)

Taulukko 7. Auton ja perävaunun yhdistelmän suurimmat sallitut massat (Valtioneuvoston asetus 2013)

Yhdistelmä	Suurin massa
Auton ja puoliperävaunun yhdistelmä	48 t
Auton ja keskiakseliperävaunun yhdistelmä	44 t
Auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmä tai auton, apuvaunun ja puoliperävaunun yhdistelmä tahi auton, puoliperävaunun ja sen päälle kytketyn toisen puoliperävaunun yhdistelmä taikka auton, puoliperävaunun ja keskiakseliperävaunun yhdistelmä	
neliakselisena	36 t
viisiakselisena	44 t
kuusiakselisena	53 t
seitsemänakselisena	60 t
kahdeksanakselisena	64 t
kahdeksanakselisena, jos vähintään 65 prosenttia perävaunun massasta tai perävaunujen massasta yhteensä kohdistuu akseleille, jotka on varustettu paripyörin	68 t
vähintään yhdeksänakselisena	69 t
vähintään yhdeksänakselisena, jos vähintään 65 prosenttia perävaunun massasta tai perävaunujen massasta yhteensä kohdistuu akseleille, jotka on varustettu paripyörin	76 t

	Korkeus 4.4 m Pituus 16.5 m Kokonaismassa 42 t	Leveys 2.6 m
	Korkeus 4.4 m Pituus 16.5 m Kokonaismassa 45/46 t	Leveys 2.6 m
	Korkeus 4.4 m Pituus 16.5 m Kokonaismassa 48 t	Leveys 2.6 m

Kuva 12. Puoliperävaunu yhdistelmät. (Logistiikan maailma 2018)

4 - akselinen

	Korkeus 4.4 m Pituus 22 m Kokonaismassa 36 t	Leveys 2.6 m
---	--	--------------

5 - akselinen

	Korkeus 4.4 m Pituus 22 m Kokonaismassa 44 t	Leveys 2.6 m
---	--	--------------

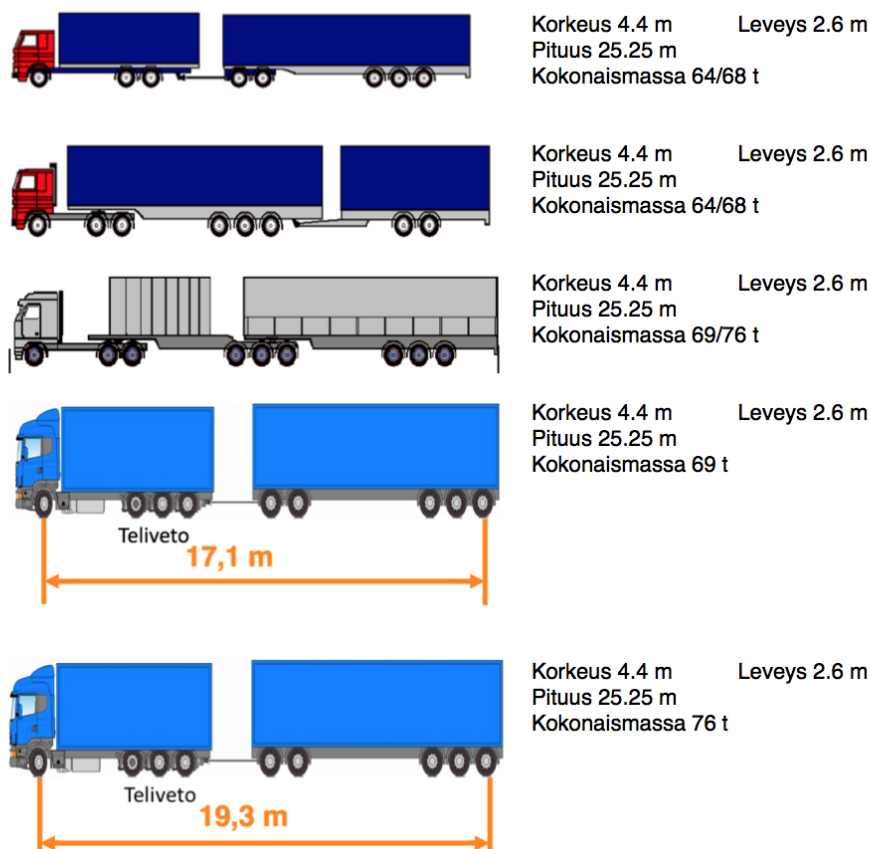
6 – akselinen

	Korkeus 4.4 m Pituus 22 m Kokonaismassa 53 t	Leveys 2.6 m
---	--	--------------

7 – akselinen

Korkeus 4.4 m Pituus 22 m Kokonaismassa 60 t	Leveys 2.6 m
--	--------------

Kuva 13. 22 metriä pitkät perävaunuyhdistelmät. (Logistiikan maailma 2018)



Kuva 14. Yli 22 metriä pitkät yhdistelmät. (Logistiikan maailma 2018)

Voimassa oleva Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen mitoista ja massoista tuli voimaan 1.10.2013 (Valtioneuvoston asetus 2013). Kehityksen suuntaus on tulevaisuudessa edelleen suurempiin ajoneuvoyhdistelmiin. Liikenne- ja viestintäministeriön mukaan uusi asetusuudistus on valmisteltavana ja sen on tarkoitus astua voimaan syksyllä 2018 (SKAL 2018).

B-juna on Suomessa uusi yhdistelmä, jossa puoliperävaunuyhdistelmän ensimmäinen puoliperävaunu on varustettu vetopöydällä ja siihen on kytketty toinen puoliperävaunu. B-junaa koskevat samat rajoitukset kuin muitakin yhdistelmiä. (Logistiikan maailma 2018)

Betonielementtikuormat pitää saada hyvin lähelle rakennustyömaata, koska nosturin nostokapasiteetti rajoittaa painavien tuotteiden nostoetäisyyttä. B-juna soveltuu erinomaisesti betonielementtien kuljetukseen, koska yhdistelmän vaunut on mahdollista jättää kuormattuna välivarastoon. Purkupaikalle voidaan näin ajaa yhdellä puoliperävaunulla kerrallaan.

Taulukossa 8 on esitetty YBT:n Ylitornion tehtaan lähtevien betonielementtitoimitusten määrä ja keskimääräinen massa vuosina 2015–2017.

Taulukko 8. *YBT:n Ylitornion tehtaalta lähtevät betonielementtitoimitukset vuosina 2015–2017 (YBT ERP)*

Vuosi	Kuormat (kpl)	Massa keskimäärin (t)
2015	496 kuormaa	26,4 t
2016	431 kuormaa	26,9 t
2017	360 kuormaa	27,9 t

Betonielementtien lisäksi YBT:n Ylitornion tehtaalta toimitetaan myös valmisbetonia. Vuonna 2017 valmisbetonia toimitettiin noin 2600 tonnia.

3.6 Työturvallisuus

Tuotannollisessa toiminnassa on erittäin tärkeä ottaa huomioon työturvallisuus. Työturvallisuuslaki velvoittaa työnantajan huolehtimaan työympäristön rakenteiden, työtilojen, tuotantomenetelmien, työvälineiden ja muiden laitteiden soveltuvuuden työhön ja turvallisuuden.

Jokainen työntekijä on käynyt työturvallisuuskoulutuksen ja työntekijät perehdytetään työpaikan turvallisuuskäytäntöihin. Työturvallisuuskoulutus ja perehdytys antaa perustiedot työympäristön vaaroista ja työsuojelusta. Kaikkien tuotantotiloissa olevien, myös työhön osallistumattomien, on pidettävä määrättyjä suojavarusteita. Suojavarusteisiin kuuluvat työvaatteet, kypärä, turvakengät sekä kuulo- ja silmäsuojaimet. Lisäksi on määrätty työkohtaisia suojavarusteita. Jokaisen työntekijän velvollisuus on huolehtia omasta ja muiden turvallisuudesta.

Työturvallisuuslain kohta 5. luku 35§ koskee työpaikan sisäistä liikennettä. ”Tavaran nosto, kuljetus, käsittely ja varastointi sekä tavaran käsittely- ja kuormauspaikat on suunniteltava ja järjestettävä siten, että nosto- ja siirtolaitteista tai tavaran siirroista tai putoamisesta ei aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle.” (Työturvallisuuslaki 2002)

Betonielementtitehtaan painavien tuotteiden nostot ja siirrot tehdään pääasiassa siltanostureilla. Siltanostureilla liikutetaan muun muassa valmiita betonielementtejä, raudoitteita ja valukuoppaa. Betonielementtitehtaan suurimmat turvallisuusriskit kohdistuvatkin siltanostureilla työskentelyyn. Kaikkiin nostoihin on käytettävä työhön soveltuvia nostoapuvälineitä, niin kapasiteetiltaan kuin ominaisuuksiltaan. Tuotantohallissa työskennellään samaan aikaan, joten työturvallisuus on erittäin tärkeää huomioida painavia taakkoja

liikuteltaessa. Erityisesti betonielementtien varastoinnissa on varmistettava betonielementtien tuenta ennen irrottamista nosturista. Työturvallisuusriskeihin on puututtava heti ja niistä on tiedotettava muita työntekijöitä.

Betonielementtien maantiekuljetuksissa on noudatettava lakeja, asetuksia ja viranomaismääräyksiä, joita ovat (Kuljettajaopas 2018):

1. Tieliikennelaki
2. Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä
3. Tiekuljetussopimuslaki
4. Asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista
5. Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista
6. Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä
7. Työturvallisuuslaki

Betonielementtien kuljetukset ovat usein erikoiskuljetuksia, joiden mitta- tai massarajat ylittyvät normaaleista maantiekuljetuksista. Näissä tapauksissa on noudatettava erikoiskuljetusmääräyksiä ja tarvittaessa hankittava kuljetuksille erikoiskuljetuslupa.

4. TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

4.1 Laadunhallintajärjestelmä

Suomen kaikki betonielementtitehtaat kuuluvat Inspecta Sertifiointi Oy:n laadunvalvonnan piiriin. Inspecta Sertifiointi Oy valvoo tehtaan sisäistä laadunvalvontaa sekä arvioi ja hyväksyy sen. CE-merkittyjen betonielementtien valmistajilta vaaditaan dokumentoitu tehtaan sisäisen laadunvalvonnan käsikirja (FPC), jonka mukaan laadunvalvonta toteutetaan.

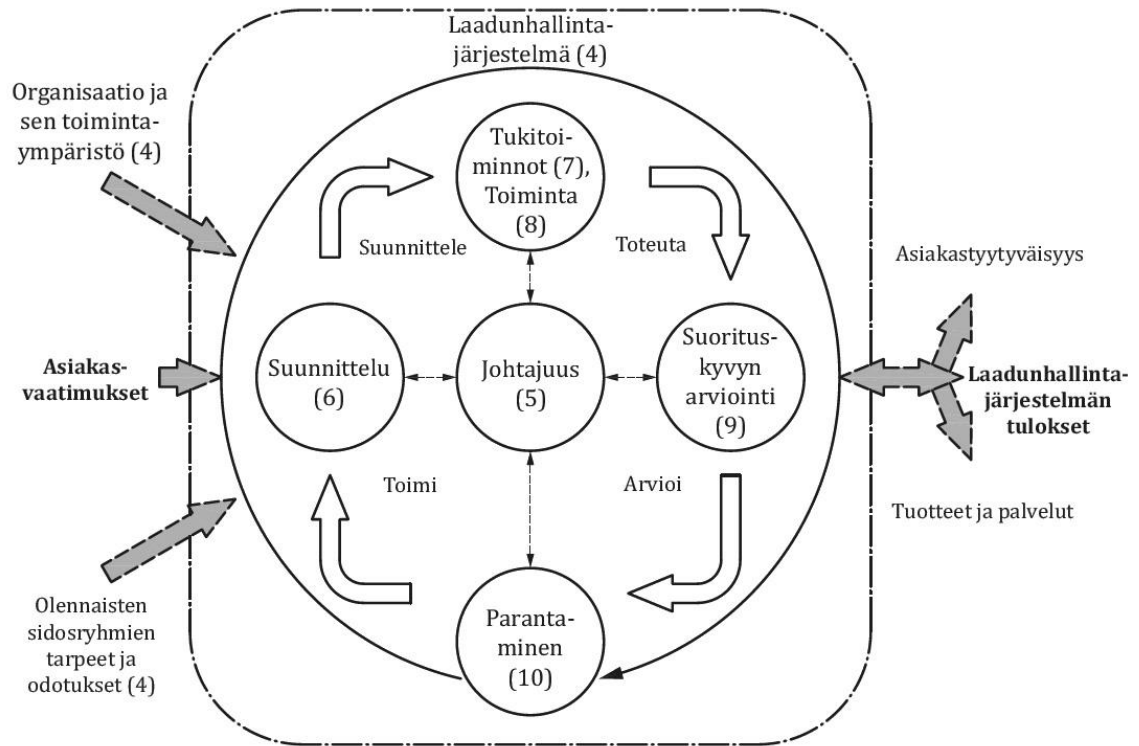
Tuotannon laadunvalvonnan lisäksi laadunhallintajärjestelmän käyttäminen on organisaation strateginen päätös. ISO 9001 standardi on eurooppalainen laadunhallintajärjestelmän standardi, joka noudattaa prosessimaista toimintamallia. Standardin viimeisin päivitys on vuodelta 2015. Järjestelmän tavoitteena on parantaa yrityksen suorituskykyä ohjaamalla organisaatio suunnittelemaan prosessinsa ja niiden vuorovaikutukset. (ISO9001 2015)

ISO 9001 laadunhallinnan periaatteet (ISO9001 2015):

1. Asiakaskeskeisyys
2. Johtajuus
3. Ihmisten täysipainoinen osallistuminen
4. Prosessimainen toimintamalli
5. Parantaminen
6. Näyttöön perustuva päätöksenteko
7. Suhteiden hallinta

ISO 9001 laadunhallintajärjestelmän rakenne ja vaatimukset yleensä sisällytetään yhteen käsikirjaan tehtaan sisäisen laadunvalvonnan (FPC) käsikirjan kanssa. ISO 9001 laadunhallintajärjestelmän vaatimukset myös täydentävät tuotestandardeissa asetettuja vaatimuksia tuotteille ja palveluille.

ISO 9001 standardin prosessimainen toimintamalli noudattaa PDCA-mallia (suunnittele, toteuta, arvioi, toimi). Toimintamallin tavoite on varmistaa prosesseille riittävät resurssit ja hallita prosessin kehittämistä. Järjestelmä muodostuu toisiinsa liittyvistä prosesseista, joiden välisiä suhteita ja riippuvuuksia organisaatio ohjaa suorituskyvyn parantamiseksi. (ISO9001 2015)



Kuva 15. ISO 9001 standardin rakenne PDCA-mallin mukaisesti. Suluissa olevat numerot viittaavat standardin kohtiin. (ISO9001 2015)

Suunnitteluvaiheessa (Plan) asetetaan tavoitteet järjestelmälle ja prosesseille, määritellään resurssit ja pyritään tunnistamaan riskit ja mahdollisuudet. Toteutusvaiheessa (Do) toteutetaan suunnitelmat. Arviointivaiheessa (Check) seurataan ja mitataan prosesseja sekä prosessin tuottamia tuotteita ja palveluita. Tuloksia verrataan vaatimuksiin ja tavoitteisiin. Toimintavaiheessa (Act) parannetaan prosessia ja suorituskyyä. (ISO9001 2015)

Laadunhallintajärjestelmän prosessimaisella toimintamallilla voidaan (ISO9001 2015):

1. ymmärtää vaatimukset ja täyttää ne johdonmukaisesti
2. arvioida prosesseja sen perusteella, mitä lisäarvoa ne tuovat
3. saavuttaa vaikuttava prosessien suorituskyy
4. parantaa prosesseja datan ja informaation analysoinnin perusteella

4.2 Tehtaan layout

Layoutsuunnittelulla tarkoitetaan tehtaan fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Tehtaan materiaalivirtojen selkeyttäminen ja työpisteiden layoutin kehittäminen vaikuttavat suuresti tuotannon läpäisyaikoihin, koska tuotantoa hidastavat kuljetukset työpisteiden välillä nopeutuvat. (Haverila et al 2009)

Uuden tehtaan layoutin suunnittelu on vapaampaa ja sen toiminnot saadaan optimoitua parhaan halutun ratkaisun mukaisesti. Olemassa olevien tehtaiden layoutien muuttaminen vaatisi usein suuria investointeja tai kokonaan uuden tehtaan rakentamista. Pienilläkin muutoksilla voi kuitenkin olla suuri merkitys materiaalivirtojen selkeyteen.

Keskeisenä tavoitteena layoutsuunnittelulle on selkeät materiaalivirrat ja tehokas kapasiteetin hyödyntäminen. Suunnittelulla pyritään minimoimaan materiaalien kuljetuskerrat ja -matkat. Tehtaan layoutin on muututtava tuotannon muutosten mukana. (Haverila et al 2009)

Hyvän layoutin ominaisuuksia (Haverila et al 2009):

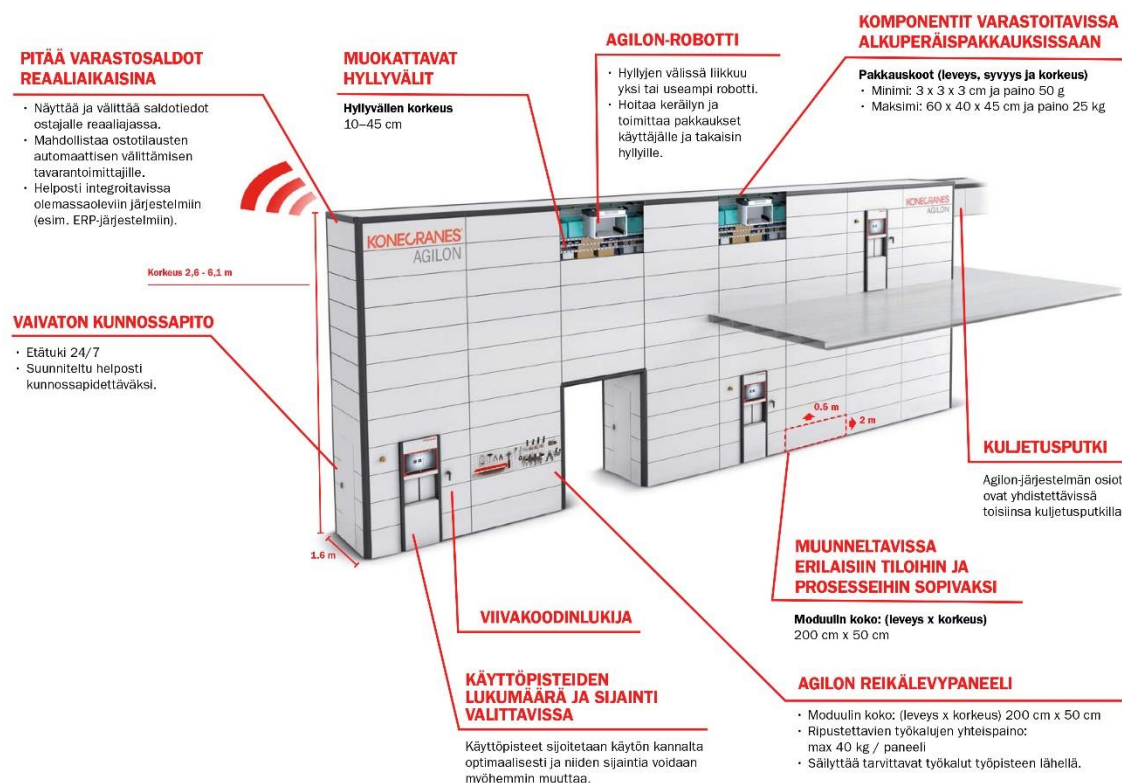
1. Selkeät materiaalivirrat
2. Pieni materiaalien siirtotarve
3. Lyhyet kuljetusmatkat
4. Tehokas materiaalien vastaanotto ja jakelu
5. Hyvä sisäinen kommunikaatio
6. Tilojen tehokas hyödyntäminen
7. Muunneltavuus
8. Joustavuus
9. Työturvallisuus
10. Työtyytyväisyys

Tämän tutkimuksen luvun 3 materiaalivirtojen kartoituksessa havaittiin selkeitä ongelmakohtia raudoituksen osalta. Harjateräkset ja raudoitukset ovat betonin jälkeen selkeästi suurin materiaalien käsittelyn kohde. Raudoitteita käsitellään 454 tonnia vuodessa. Harjaterästä ja raudoitusverkkoja kuljetetaan toisesta päästä hallia raudoittamoon, joka on suurelta osin hyvän layoutin kanssa ristiriidassa.

Toinen selkeä hyvän layoutin puute on havaittavissa tarvikevarastojen tilojen tehokkaalla hyödyntämisellä. Tehtaan molemmilla puolilla sijaitsee suuret tarvikevarastot, joiden varastointikapasiteetti on todella suuri tehokkaalla hyllyjärjestelmällä. Materiaalitoimituksia saapuu tiheästi, joka puoltaa aktiivisen tarvikevaraston toimivan.

Tulevaisuudessa tekniikan kehittyminen luo aivan uusia mahdollisuuksia materiaalivirtojen hallintaan, joka mahdollistaa tehtaan layoutin tehokkaan hyödyntämisen. Esimerkiksi

Konecranes Finland Oy on tuonut markkinoille Agilon materiaalienhallintalaitteiston. Järjestelmän robotti kuljettaa tavarat käyttöpisteelle sekä hallitsee automaattisesti materiaalivaraston kirjanpidon. (Agilon 2018)



Kuva 16. Konecranes Agilon materiaalinhallintalaitteisto. (Agilon 2018)

4.3 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjauksen käsittely tilausohjautuvana JIT-periaatteiden mukaisesti tehostaa tuotantoa ja pienentää varastoja. Tilausohjautuvalla tuotannonohjauksella tuotannon suunnittelu alkaa työmaan asennusjärjestyksestä. Toimitus suunnitellaan ja ajoitetaan valmiiksi kuormiksi tai toimituskokonaisuuksiksi. Tuotteen toimitusajankohta määrittelee tuotannon aikataulun ja sitä kautta hankintojen aikataulun.

YBT:n toiminnanohjausjärjestelmällä hallitaan niin pieniä kuin suuriakin projekteja. Taulukosta 2 voidaan havaita, että vuoden 2016 suurin yksittäinen projekti sisälsi 2157 valmistettavaa tuotetta. Kuvan 5 betonielementin tuoterakenteen mukaisesti projektin betonielementit ryhmitellään eri tyyppisiin elementtiryhmiiin. Suurten projektien elementtiryhmät sisältävät suuren määrän tuotteita, joiden hallinta on hankalaa. Projektien toimitukset muodostuvat toimituskokonaisuuksista, jotka sisältävät usean erityyppisen elementtiryhmän tuotteita. Toiminnanohjausjärjestelmään ja sen tuoterakenteeseen olisikin tärkeä kehittää työkalu projektin osittaisten toimituskokonaisuuksien hallintaan.

Tuotannonohjaukseen tärkein suunnittelun tieto on arvioitu asennusajankohta, joka tulisi määritellä jokaiselle betonielementille. Kun tietojärjestelmällä olisi tiedossa tuotteen asennusajankohta, voitaisiin sen tuotannon vaiheet laskea etukäteen ja suunnitella tehokkaasti muun tuotannon kesken.

Tuotannon organisoinnin yksi vaihtoehto on jakaa valmistus itsenäisesti ohjautuviksi valmistusyksiköiksi. Tuotanto muodostuu tällöin soluista, jotka itsenäisesti vastaavat tietyn vaiheen valmistuksesta. Hyvin organisoituna solujen toiminnan ohjaus perustuu solujen väliseen kommunikointiin. (Haverila et al 2009)

Hankinta- ja toimitusprosessit ovat usein myös avainasemassa läpäisyaikojen lyhentämisessä. Läpäisyaikojen lyhentäminen tehostaa tuotantoa ja lisää kuormitusastetta. Samalla pienenee tuotantoon sitoutunut pääoma.

Asetusaika muodostuu tuotantoerän aloittamiseen liittyvistä toimenpiteistä. Yksi asetusaikojen lyhentämisen keino on organisoida asetusten teko tehokkaammin. Organisointi hyvällä esivalmistelulla ja tuotantoa tukevalla työvoimalla lyhentää asetusaikoja huomattavasti. Asetusaikojen lyhentyessä lyhentyy tuotteen läpimenoaika ja koko tuotanto tehostuu kapasiteetin käyttöasteen parantuessa. (Haverila et al 2009)

Last Planner menetelmä on kehitetty rakentamisen lyhyen aikavälin tuotannonohjaukseen. Vaikka menetelmä on kehitetty varsinaisesti työmaan tuotannonohjaukseen, vastaa sen keinot hyvin myös tuotetehtaan haasteisiin.

Last Planner menetelmän tuotannonohjauksessa on keskeistä tehdä laadukas viikkosuunnitelma, johon sitoudutaan. Suunnitelman tehtävien tulee olla hyvin määriteltyjä, tarkoituksen mukaisessa työjärjestyksessä ja oikein arvioituilla resurssitarpeilla. Lisäksi tehtävien on oltava käytännössä toteutettavissa ja vastuuhenkilöiden on sitouduttava niiden toteuttamiseen. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Viikkosuunnitelman toteuttamisen jälkeen mitataan toteutumisastetta PPC-luvulla, joka määrittelee, kuinka suuri osa tehtävistä saatiin prosentuaalisesti suoritettua. Kyseisellä mittarilla vähänkin kesken jäänyt tehtävä katsotaan toteutumattomaksi. Toteutumattomien tehtävien toteutumatta jäämisen syyt selvitetään tarkoituksen mukaisella tavalla ja tilastoidaan ongelmien tietopohjan keräämiseksi ja kehittämisen lähtökohdaksi. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Last Planner menetelmän valmistelemaa suunnittelua tehdään 4-6 viikon aikavälille. Valmisteleavan suunnittelun tavoitteena on varmistaa toteutukseen tulevien tehtävien aloitusedellytykset. Menetelmä vastaa JIT-periaatteiden imuohjausta, jolla ohjataan suunnitelmien valmistumista, materiaalien hankintaa ja resurssien varmistamista aktiivisesti. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Last Planner menetelmän osilla voidaan täydentää tehtaan tuotannonsuunnittelua ja vähentää tuotannonohjauksen aiheuttamia tuotannon ongelmia. Menetelmän kolme keskeistä käytännön sääntöä: (Koskela & Koskenvesa 2003)

1. Tehtävät sisällytetään viikkosuunnitelmaan vain, jos kaikki edellytykset tehtävän toteuttamiselle ovat olemassa.
2. Pitkän aikavälin valmistelevassa suunnittelussa luodaan aktiivisesti edellytykset tulevien viikkojen tehtäville.
3. Toteutumattomien tehtävien ongelmien syyt tutkitaan ja tilastoidaan.

Tuotannonsuunnittelun tavoitteena on tehtävien hyvin valmisteltu, sujuva ja suunniteltu toteuttaminen, joka parantaa tuottavuutta. Töiden suorittaminen hallitusti, suunnitelluissa olosuhteissa, parantaa lisäksi laatua ja työturvallisuutta.

Menetelmän selkeimpänä erona aiempaan tuotannonsuunnitteluun on sen vaatimus varmistaa ja aktiivisesti ajoissa valmistella tuotannon edellytykset työn toteutukselle. Viikkosuunnitelman laatua mittaavan PPC-luvun kohotessa paranee toteutuksen vastaavuus suunniteltuun tekemiseen. Tuotannon järjestelmällinen suunnittelu mahdollistaa ongelmista oppimisen ja toiminnan jatkuvan parantamisen.

4.4 Materiaalien hankinta

Materiaalivirtojen tehostamisen tärkeimpiä keinoja ovat tehostaa varaston kiertoa, optimoida varmuusvarastoja ja pienentää passiivivarastoja sekä ohjata että hallita ostotilauksia.

Vakiotuotteiden osalta varaston täydennykset betonielementtitehtaalla ovat varasto-ohjautuvia ja niiden hankinta voidaan tehdä suurissa erissä. Vähemmän käytetyt ja erikoisosat hankitaan asiakasohjautuvasti projektikohtaisesti. Betonielementtituotannon materiaaltarpeet tarkentuvat rakennesuunnittelun valmistuttua, joten materiaalien hankinnat voidaan tehdä vasta valmiiden tuotantosuunnitelmien valmistuttua.

Materiaalien hankintakustannukset voivat olla joillain materiaaleilla suuret verrattuna varastointikustannuksiin, jolloin kyseisiä materiaaleja kannattaa ostaa suurissa erissä varastoon. Suurissa erissä ostettaessa voi saada myös merkittäviä paljousalennuksia. (Haverila et al 2009)

Hankintojen optimointi yleensä pienentää passiivivarastoja, vähentää ostotapahtumia ja suurentaa kertaeriä. Varaston arvo ei kuitenkaan yleensä tässä kasva, kun ostot vaativat tällöin vähemmän resursseja ja kuljetuskustannukset pienenevät. (Sakki 2014)

Materiaalihankintojen hankinta-aika koostuu seuraavista vaiheista (Sakki 2014):

1. ostotilauksen käsittelyaika
2. toimittajan toimitusaika
3. kuljetusaika
4. tavaran vastaanotto
5. odotusajat eri vaiheiden välissä

Tehtaan tuotannonsuunnittelu varaa materiaalivarastosta materiaalit tuotteen valmistukseen kuormitusajankohdan mukaisesti. Tarvelaskennalla lasketaan tuotantosuunnitelman materiaalitarpeet. Materiaalihankintojen hankinta-aika määrittelee puuttuvien materiaalien viimeisen hankinta-ajankohdan. Tietyissä tilanteissa vastaavasti varastosaldojen suuruus ja hankinta-ajan pituus ohjaavat tuotannonsuunnittelua.

Varastokirjanpidosta saadaan tieto materiaalien käyttömääristä ja keskimääräisistä kuluista. Kuitenkin yksittäisten kauppatapahtumien tarkat hankintatiedot peittyvät kokonaisuuteen, jolloin hankinnoista aiheutuneita todellisia oheiskustannuksia ei pystytä kohdistamaan tuotteille, toimittajille ja lopputuotteeseen. (Sakki 2014)

Tarkkojen hankintatietojen kartoittamiseksi on kirjattava jokaisesta saapuvasta toimituksesta saapumisajankohta, toimittaja, määrä, hinta ja oheiskulut. Kun tiedot hankintatapah-tumista kirjataan tietojärjestelmään, voidaan tietoa analysoimalla selvittää todelliset hankinta- ja varastointikustannukset. (Sakki 2014)

Toimitusajan ja -laadun seuraamiseksi hankintatiedoista on kirjattava tilausajankohta ja määrä. Tilauksen tietoja vertaamalla saapumiskirjauksiin voidaan arvioida toimittajan toimitusajan pituutta ja toimitusten täsmällisyyttä tulevia hankintoja tehtäessä. Tämä antaa ostajalle työkalun hankintaneuvotteluihin toimittajan kanssa sekä hankintaprosessin kehittämiseen. Tiedosta on hyötyä myös tuotannonsuunnittelulle, koska puuttuvien materiaalien toimitusaika voidaan arvioida toteutuneiden toimitusten perusteella.

4.5 Esivalmistettujen tuotteiden käyttö

Betonielementtituotanto on kehittymässä yhä enemmän mahdollisimman pitkälle esivalmistettujen tuotteiden käyttöön. Elementtipöydän kapasiteetti on tuotannon kriittinen resurssi, joten elementtipöydällä tehtävä työ on muuttumassa enemmän kokoonpanotyöksi. Erityisesti valumuotit ja raudoitteet ovat selkeästi valmisteltavissa puolivalmisteiksi ennen varsinaista tuotantoprosessia.

Kuten aiemmin tässä tutkimuksessa havaittiin, raudoittamo osoittautui ongelmalliseksi nykyisen tuotannon layoutin kannalta, koska se ei nykyisellä sijainnillaan palvele tehokkaasti tuotantoprosessia. Esivalmistettujen raudoitteiden toimittaminen valmiina komponenttina tehostaisi tuotantoa merkittävästi ja lyhentäisi läpimenoaikaa tuotannon kriittisessä vaiheessa.

Esivalmistetut tuotteet vaativat riittävät tilat niiden valmistamiseen sekä varastointiin. Valmistuksen ei tarvitse kuitenkaan sijaita tuotannon välittömässä läheisyydessä, mikä mahdollistaa myös alihankkijoiden käytön. Esivalmisteiden välivarastointi ja logistiikka määrittelevät loppujen lopuksi menetelmän todellisen tehokkuuden.

4.6 Valmiiden tuotteiden varastointi

Tuotannonsuunnittelu ohjaa valmiiden betonielementtien varastointitarvetta. Tuotannonsuunnittelussa on tärkeä ottaa huomioon, ettei varastoa täytetä lähelle maksimikapasiteettia, koska silloin varaston joustavuus heikkenee ja järjestyksen pito hankaloituu. Betonielementtien varastointitarve tulee ottaa yhdeksi mittariksi tuotannonsuunnitteluun, jotta varaston vapaa kapasiteetti säilyy riittävänä.

YBT:n Ylitornion tehtaan teoreettiseksi varastokapasiteetiksi laskettiin tässä tutkimustyössä 401 elementtiä, joiden varastointipaikkoja ei hallita millään järjestelmällä. Nykyisin elementtikuormaa tehtäessä joudutaan jokainen tuote etsimään erikseen varastosta. Betonielementtien varastointia on kehitettävä, niin että varastointi suunnitellaan etukäteen tehokkaasti. Elementtien varastopaikat varataan ja betonielementit sijoitetaan toimitusjärjestyksessä varastoalueille.

Betonielementtien varastointi allasperävaunun lavoille valmiiksi kuormiksi tehostaa varastointia. Varastointi valmiiksi kuormiksi vaatii työmaan toimitusten ja asennuksen suunnitelman, jotta elementit toimitetaan työmaalle oikeassa järjestyksessä. Lavojen rajallinen määrä vaatii myös ennakkointia ja tiedon toimitusajankohdasta, ettei lava ole sidottu yhteen kuormaan liian pitkäksi aikaa. Joissain tapauksissa lavat voidaan kuljettaa työmaalle tai sen läheisyyteen varastoon, joka tehostaa merkittävästi toimituksia varsinkin pitkille matkoille.

Elementtikaupan sopimuskäytännöillä on mahdollista hallita kaupan taloudellista tehokkuutta. Valmiiden tuotteiden varastoon sitoutunutta pääomaa voidaan pienentää laskutusikäytäntöjä muuttamalla ennakkopainotteisiksi. Elementtikaupan sopimuksen yhteydessä tehtävän maksuerätaulukon painotus tuotannon valmistuksen eriin varmistaa kassavirran ja pienentää varastoon sitoutunutta pääomaa. Sopimuksissa on hyvä ottaa huomioon asiakkaan vuoksi pitkittynyt toimitusajankohta ylimääräisillä varastointimaksuilla.

4.7 Toimitusten seuranta

Digitalisaatio muuttaa ja nopeuttaa tiedonhankintaa. Esineiden Internet (IoT) mahdollistaa koneiden ja laitteiden seuraamisen ja joissain tapauksissa myös ohjaamisen internetverkon välityksellä. Laitteiden tuottama lisäarvo perustuu reaaliaikaisesti kerättyyn tietoon ja sen hyödyntämiseen. (IoT 2018)

Toimitusten seurantaan YBT:llä on käytössä omien ajoneuvojen paikannusjärjestelmä, joka on parantanut logistiikan hallintaa. Ajoneuvojen sijaintia ja tilatietoa on mahdollista seurata karttapohjalla.

Allasperävaunun lavojen seuranta on edelleen kuljettajan merkintöjen vastuulla ja lavojen kokonaiskuva ei ole hyvin tiedossa.

Allasperävaunun lavojen seurantaan on mahdollista käyttää esimerkiksi ABAX kalustonvalvontalaitteistoa, joka on omalla sisäisellä akulla varustettu paikannuslaite. Laite lähettää kerran vuorokaudessa paikkatiedon ja liikkuessa yhden tunnin välein. Järjestelmä mahdollistaa laitteiden paikantamisen karttapohjalla. (ABAX 2018)

Kuvassa 17 on esitetty testikäytössä ollut ABAX kalustonvalvontalaitteisto, joka osoitautui erittäin mielenkiintoiseksi vaihtoehdoksi allasperävaunun lavojen seurantaan.



Kuva 17. ABAX kalustonvalvontalaite sisäisellä akulla.

ABAX Finland Oy on teknologiayhtiö, joka tarjoaa paikannusratkaisuja SaaS-palveluna. ABAX:n laitteistot hyödyntävät GPS-, GSM- ja radiomastosignaaleja paikannukseen sekä matkapuhelinverkkoa tiedonvälittämiseen. Laitteet ovat lujatekoisia ja vedenkestäviä. (ABAX 2018)

5. KEHITYS

5.1 Kehitystoimenpiteiden valinta

Tämän tutkimuksen luvussa 4 esille nousseista toiminnankehittämisen tarpeista valitaan tämän työn aikana toteutettavaksi kolme konkreettista toimenpidettä:

1. Materiaalien tarveraportti
2. Projektin purkaminen toimituskokonaisuuksiksi
3. Betonielementtien paikantaminen varastossa

5.2 Materiaalien tarveraportti

Toiminnanohjausjärjestelmän materiaalihallintaan kehitettiin tarvelaskenta. Materiaali-kohtainen varastoarvon laskenta hyödyntää viimeisintä järjestelmään kirjattua materiaalin inventaarioarvoa ja sen ajankohtaa sekä inventaarion jälkeisiä materiaalin käyttö- ja saapumistietoja.

$$\text{materiaalin varastosaldo} = (\text{viimeisin inventaario}) - (\text{käyttö inventaarion jälkeen}) \\ + (\text{saapumiset inventaarion jälkeen})$$

Inventaarioon perustuva varistolaskenta on joustava menetelmä, koska tietoja ei tarvitse syöttää järjestelmään kronologisessa järjestyksessä. Näin ollen materiaalia voidaan käyttää ja uusia toimituksia vastaanottaa inventaarion aikana. Inventaariokirjausten jälkeen inventaarion ajankohta määrittelee inventaarion täsmäytysajankohdan.

Tarvelaskennassa lasketaan toiminnanohjausjärjestelmään kirjattujen valmistamattomien tuotteiden materiaalitardeet. Tarvelaskentareporttiin kerätään tiedot materiaalien tarpeista projekti ja elementtiryhmä kohtaisesti, esitetään nykyinen varastosaldo ja tulossa olevat toimitukset. Kuvassa 18 on esitetty lyhyt ote tehdaskohtaisesta tarvelaskentareportista.

YBT ERP - MATERIAALIHALLINTA - TULEVAT TARPEET

Ylitornio

Pilarikenkä HPKM 20

		Tarve
Työkohteen nimi	Pilarit 450x300	16,0 kpl
	TARVE YHTEENSÄ	16,0 kpl
	Varastossa:	20,0
	Tulossa (tilattu):	

Pilarikenkä HPKM 24

		Tarve
Työkohteen nimi	Pilarit XP1-XP6 560x560	20,0 kpl
	TARVE YHTEENSÄ	20,0 kpl
	Varastossa:	144,0
	Tulossa (tilattu):	

Pultti HPM 20/P

		Tarve
Työkohteen nimi	RK- Sisäkuori ei kantava	4,0 kpl
Työkohteen nimi	RKR-Elementit 220-180 Paroc FAL1	17,0 kpl
Työkohteen nimi	SKR-Elementit 220-180 Paroc Fal1	9,0 kpl
	TARVE YHTEENSÄ	30,0 kpl
	Varastossa:	74,0
	Tulossa (tilattu):	

Kuva 18. Esimerkki ote YBT ERP:hen kehitetystä tehdaskohtaisesta tarvelaskentaraportista.

YBT ERP toiminnanohjausjärjestelmän toimiessa usealla tehtaalla kehitettiin tuotehallintaan näkymä eri tehtaiden materiaalivarastosaldosta, tilauksista ja tulevista tarpeista. Varsinainen työn kuormitusajankohta määrittelee materiaaltarpeiden ajankohdan. Kuvassa 19 on esitetty YBT ERP:n tuotehallinnan varastoyhteenvedon käyttöliittymän näkymä.

Tehdas	Varastossa	Tulossa (tilatut)	Tarve (valmistamattomat)
Ylitornio	74		30
Raahe	0		
Kuhmo	30		18
Väliysmyynti	0		

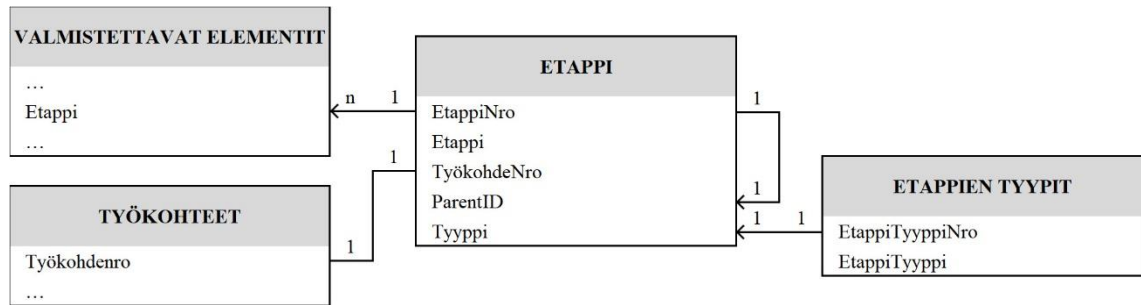
Kuva 19. YBT ERP:n tuotehallinnan tuotekohtainen varastoyhteenveto.

5.3 Projektin purkaminen toimituskokonaisuuksiksi

Toiminnanohjausjärjestelmän projektien hallintaan kehitettiin menetelmä purkaa projekti etappeihin. Etapilla tarkoitetaan tiettyä toimituskokonaisuutta projektista, joka sisältää siihen kuuluvat betonielementit.

YBT ERP toiminnanohjausjärjestelmään kehitettiin hierarkkinen etappirakenne, joka mahdollistaa projektin purkamisen monitasoisesti osaprojekteiksi. Hierarkkisella rakenteella tarkoitetaan tietorakennetta, jolla valmistettavat tuotteet voidaan ryhmitellä usean eritasoisen etappirakenteen perusteella. Ylimmän hierarkiatason etappi on juuritaso, jolle ei ole määritelty yhtään yläpuoleista etappia. Juurietapeja voi olla useita. Myöskään hierarkkisen rakenteen tasojen määrää ei ole rajoitettu. Kun tuote määritellään etappien hierarkkisessa rakenteessa jollekin etapille, se kuuluu silloin myös kaikkiin ylemmän hierarkiatasojen etappeihin.

Kuvassa 20 on esitetty YBT ERP:n etappien tietorakenne ja tietokantataulujen kentät.



Kuva 20. Toteutettu etappien tietorakenne.

Etappien tyypeiksi luotiin taulukon 9 mukaiset tyypit, joita on mahdollista lisätä tarpeen mukaan.

Taulukko 9. Etappien tyypit.

EtappiTyyppeNro	EtappiTyyppe
1	Projektin osa
2	Rakennus
3	Kerros
4	Kuorma
5	Aikataulu

Etappien hallintajärjestelmä toimii täysin entisen toiminnanohjausjärjestelmän tietorakenteen rinnalla. Etappien hallintaa ei ole välttämätön käyttää kaikissa projekteissa, vaan sen edut korostuvat suurissa ja laajoissa projekteissa.

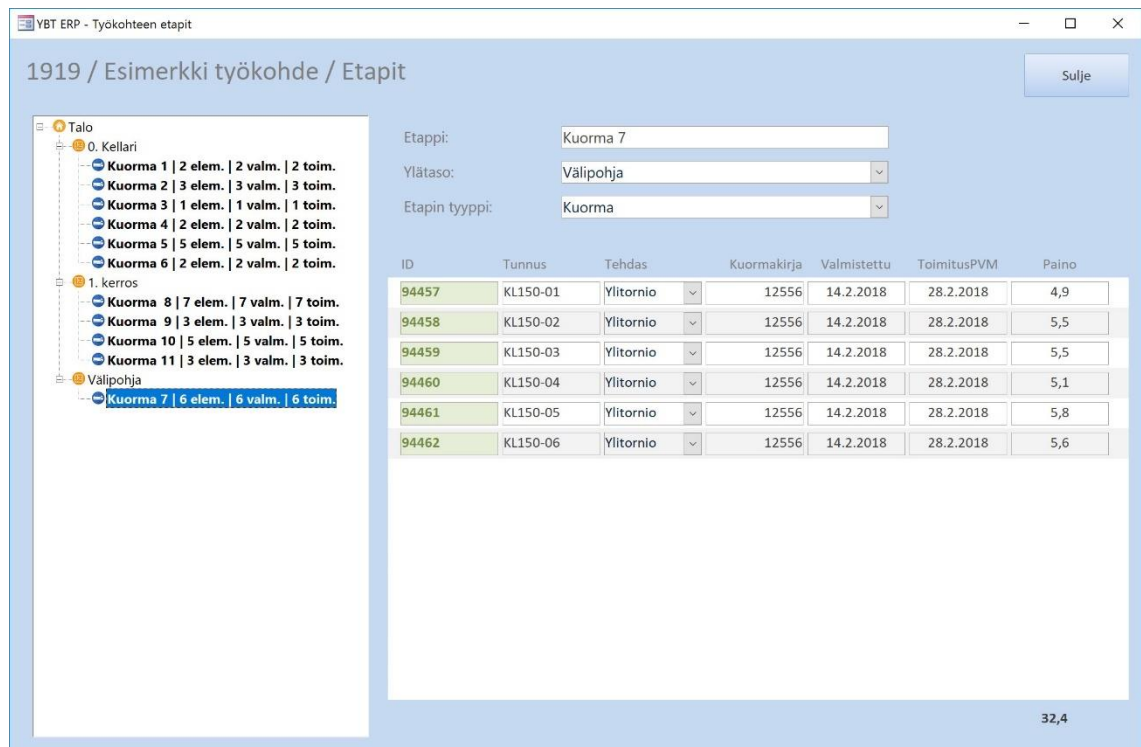
Etappien hallintaan toteutettiin puurakenteinen käyttöliittymä hierarkkisten tasojen hallintaan. Puurakenne mahdollistaa rajattoman tasojen avaamisen yksinkertaisella ohjelmointirakenteella.

Ennen etappien luomista järjestelmä listaa kaikki tuotteet ryhmittelemättömät-ryhmään. Kuvassa 21 on esitetty järjestelmän lähtökohtatilanne ennen etappien luontia ja tuotteiden ryhmittelyä etappeihin.



Kuva 21. YBT ERP projektin etappien hallinta ennen etappien luontia.

Etappien hallintajärjestelmästä on mahdollista seurata projektin etenemistä etapeittain. Tieto saapuneista valmistuspiirustuksista sekä valmistetuista että toimitetuista tuotteista on helposti saatavilla. Valitun etapin tarkemmat tiedot ja sen sisältämät tuotteet listautuvat käyttöliittymän oikealle puolelle. Lisäksi yksittäisen tuotteen hallinnan voi avata kaksoisnapsauttamalla tuotteen riviä. Kuvassa 22 on esitetty ryhmitelty kolmitasoinen etapipirakenne ja valittuna on välipohjan kuorman etappi.



Kuva 22. YBT ERP projektin etappien hallinta ryhmittelyn jälkeen.

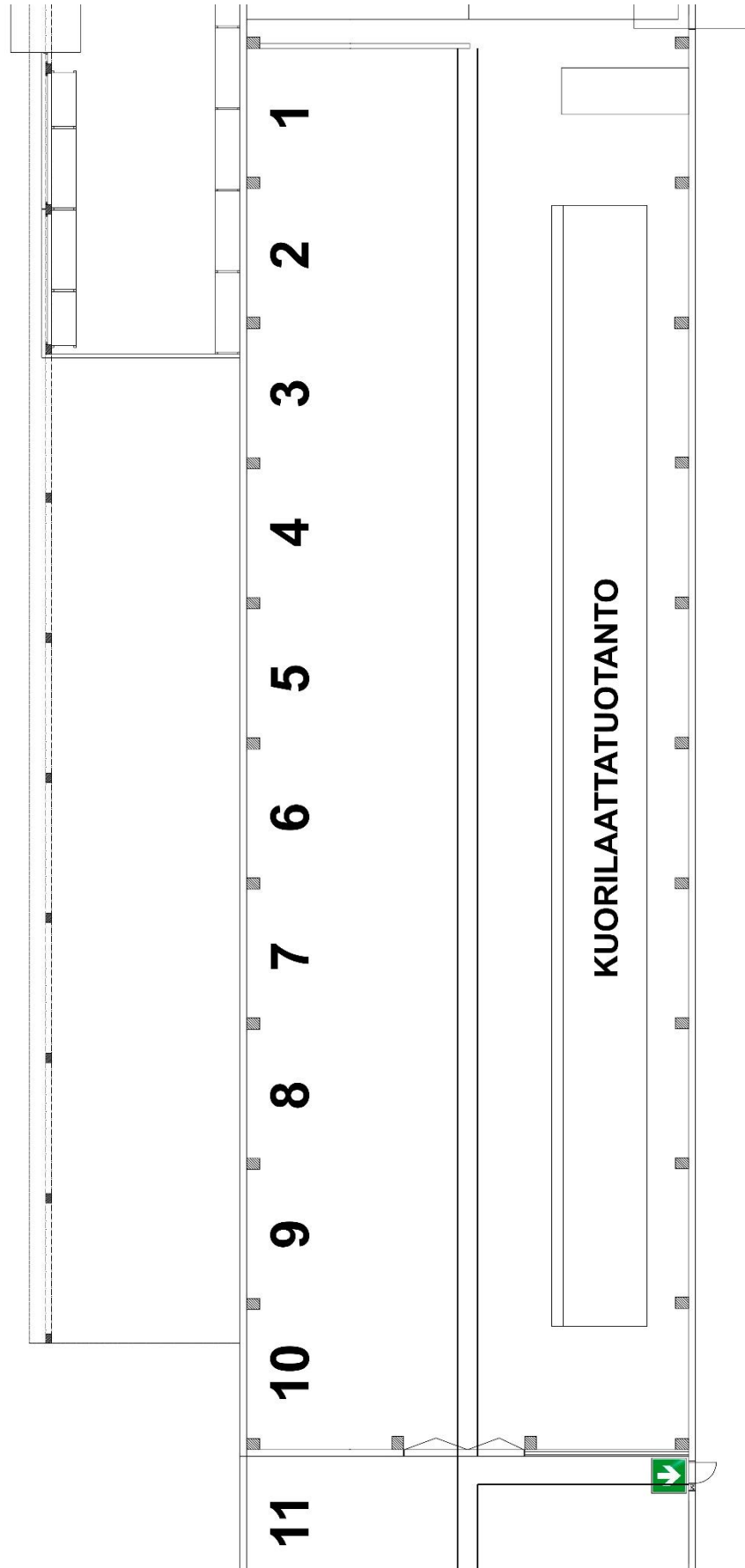
Etappien hallinnan etappitieto lisättiin tarpeellisiksi havaittuihin olemassa oleviin käyttöliittymän kohtiin. Projektin etappirakennetta on mahdollista hyödyntää muun muassa tehtaan tuotannon ja toimitusten suunnittelussa. Toimitusten hallinnan kuormien suunnitteluun lisättiin tietokenttä tuotteiden etapeista, kun etapeilla on mahdollista hahmotella toimituskokonaisuuksia ennen varsinaisia kuormien suunnittelua. Projektin raportointijärjestelmään kehitettiin lisäksi tarvittavat raportit myös etappi ryhmittelyllä.

5.4 Betonielementtien paikantaminen varastossa

Valmiiden betonielementtien paikantamiseen kehitettiin kirjausmenetelmä elementtejä varastoitaessa. Elementin varastointipaikka merkitään mittauspöytäkirjaan, josta se kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään mittauspöytäkirjaa käsiteltäessä.

Tehtaan elementtivaraston pilarivälit numeroitiin 1–18 varastoalueiksi. Pilariväli jaettiin lisäksi kahteenkymmeneen elementtipaikkaan numeroilla 1–20. Elementin varastopaikka muodostuu siis kahdesta numerosta, pilariväli ja paikka. Kuvassa 23 on esitetty elementtivaraston pilarivälien numerointi.

Toiminnanohjausjärjestelmään lisättiin toimitusten hallintaan kuormakirjalle tieto elementin varastointipaikasta, jotta lastaaja löytää elementin helpommin sen avulla.



Kuva 23. YBT:n Ylitornion tehtaan elementtivaraston pilarivälien numerointi.

6. YHTEENVETO

Materiaalivirtojen hallinta vaikuttaa laajasti koko yrityksen toimintaan niin hankinta- ja toimitusprosesseihin, kuin myös kriittisiin resursseihin, kuten kapasiteetin käyttöasteeseen ja työmäärään. Tehokas materiaalivirtojen hallinta lyhentää läpäisyajoja, lisää tuotantokapasiteettia sekä pienentää työmäärää että sitoutunutta pääomaa.

Betonielementtitehtaan kriittisimmät resurssit ovat tuotannon kapasiteetti ja työmäärä. Molempiin, kapasiteetin käyttöasteeseen ja työmäärään, vaikuttaa suuresti yrityksen materiaalivirtojen hallinta. Tuotannon kapasiteettia rajoittaa käytettävissä olevat tuotantotilat ja tuotantomenetelmät. Tuotannon kapasiteetin mahdollisimman tehokas hyödyntäminen on keskeinen tehtaan tehokkuuden tekijä. Vastaavasti työmäärään vaikuttaa työvoiman ammattitaito, työvälineet ja tuotanto-olosuhteet.

Tämän työn tuloksena muodostui kattava kuva YBT:n Ylitornion tehtaan materiaalivirroista. Työssä kartoitettiin lähtökohtatilanteen tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka sekä muodostettiin mittarit niiden seuraamiseen. Mittarit mahdollistavat kehitysprojektin toimenpiteiden seuraamisen ja mahdollistavat muutosten vaikutusten arvioinnin.

Tässä tutkimustyössä korostui YBT:n toiminnanohjausjärjestelmän joustava mukautuminen käyttäjän tarpeiden mukaisesti. Järjestelmä sisältää kattavasti tietoa ja mittareita on nopea ja helppo luoda.

Työssä kartoitettiin lisäksi materiaalivirtojen tehostamismenetelmiä ja -keinoja. Materiaalivirtojen tehostamisen tärkeimpiä keinoja ovat varastonkierron tehostaminen, varmuusvarastojen optimointi ja passiivivarastojen pienentäminen sekä ostotilauksien tehokas ohjaus ja hallinta. Yritystoiminnassa näillä keinoilla saavutetaan taloudellisia säästöjä, koska sitoutunut pääoma pienenee ja kuormitusaste lisääntyy.

Lopuksi työssä toteutettiin kolme kehitystoimenpidettä, joilla logistiikan kehittämisprojekti saatiin konkreettisesti käyntiin. Hankintatoimen tueksi kehitettiin tarveraportointi ja varaston seurantaan käyttöliittymä. Tuotannonohjaukseen kehitettiin projektien hallintaan etappijärjestelmä, joka mahdollistaa projektin jakamisen osakokonaisuuksiin. Toimintuksia kehitettiin elementtien varastonpaikannusmenetelmällä. Kehitystoimenpiteitä on hyvä jatkaa laadunhallintajärjestelmästä esitetyn PDCA-mallin mukaisesti.

Kehitystoimenpiteiden vaikutuksia mittareihin on tarkasteltava pitkällä, noin vuoden, aikavälillä, mikä rajoittaa tulosten seuraamisen tämän tutkimuksen aikana. Toteutetuilla toimenpiteillä saavutettiin joka tapauksessa välittömästi merkittäviä helpotuksia varastotyöntekijöiden ja työnjohdon käytännön työhön.

Tämän tutkimuksen luvussa 4 nostettiin esille lisäksi useita muitakin kehitysmahdollisuuksia. Jatkotutkimuksena tämän työn perusteella olisi syytä tarkastella raudoittamon ja terästen välivaraston sijaintia sekä mahdollisuutta esivalmistettujen raudotteiden hyödyntämiseen. Myös tarvikevaraston materiaalikohtainen tarkastelu olisi syytä tehdä mahdollisten passiivisten materiaalien turhan varastoinnin selvittämiseksi.

Tekniikan kehittyminen luo uusia mahdollisuuksia materiaalivirtojen hallintaan. IoT-laitteiden yleistyessä ja tekniikan halventuessa luovat ne täysin uusia tapoja toteuttaa useita prosessin vaiheita. Työssä esiteltiin muun muassa itsenäisesti toimiva omalla sisäisellä akulla varustettu paikannuslaitteisto sekä robotiikalla toimiva pientavaroiden varastointijärjestelmä.

Tämä tutkimustyö antoi hyvän lähtökohdan yrityksessä käynnistetylle logistiikan kehittämisprojektille, jonka tavoitteena on yrityksen tuottavuuden, logistiikan ja asiakaskokemuksen parantaminen.

LÄHTEET

ABAX. 2018. ABAX Equipment Control – kalustonvalvonta tuote-esite. ABAX Finland Oy. 24 s.

Agilon. 2018. Konecranes Agilon tuote-esite. Konecranes Finland Oy. 8 s.

Alapuranen, M. 2010. Betonielementtitehtaan toiminnanohjausjärjestelmä. Diplomityö. Oulun yliopisto. 53 s.

Ammattialat. 2018. Rakennusala. KEHA-keskus. [WWW]. [Viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: <http://www.ammattinetti.fi/ammattialat/alahaku/11>

Betoni rakennusmateriaalina. 2018. Betoniteollisuus ry. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/>

Betonin kuviot. 2017. Rakennusteollisuus RT ry. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/07/betonin-kuviot-2016.pdf>

Betoniteollisuus. 2017. Betoniteollisuuden yhteenvetotaulukko tilastotietoja 2016. Betoniteollisuus ry. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/07/betoniteollisuuden-yhteenvetotaulukko-2016.pdf>

Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6 painos. Infacs Oy. 510 s.

IoT. 2018. Esineiden internet. [WWW]. [Viitattu 6.3.2018]. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Esineiden_internet

ISO9001. 2015. SFS-EN ISO 9001:2015 Laadunhallintajärjestelmät Vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 77 s.

Koskela, L. & Koskenvesa A. 2003. Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla. VTT Tiedotteita 2197. 106 s.

Kuljettajaopas. 2018. Betonielementtien kuljetus - kuljettajaopas. Betonikeskus ry. 12 s.

Liuksiala, A. & Stoor, P. 2014. Rakennussopimukset. Rakennustieto Oy. 662 s.

Logistiikan maailma. 2018. Kaluston mitat ja painot maantiekuljetuksissa. Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö. [WWW]. [Viitattu 27.2.2018]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/mitat-ja-painot/>

Porter, M. 2006. Kansakuntien kilpailuetu. 2. painos. Talentum Media Oy. 946 s.

Rakennusteollisuus. 2018. Rakennusteollisuus RT ry. [WWW]. [Viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet/>

RT 10-10387. 1989. RT 10-10387 ohjekortti. Rakennustieto Oy. 24 s.

Sakki, J. 2014. Tilaus-toimitusketjun hallinta – Digitalisoitumisen haasteet. 8. painos. Jouni Sakki Oy. 161 s.

SKAL. 2018. Nykyistä pidemmät ajoneuvoyhdistelmät käyttöön. Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry. [WWW]. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavissa: <https://www.skal.fi/fi/julkaisut/nykyista-pidemmat-ajoneuvoyhdistelmat-kayttoon>

Suurimmat. 2017. Rakennusteollisuus RT ry. Betoniteollisuuden suuruusjärjestys vuonna 2016. [WWW]. [Viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/07/betoniteollisuuden-suuruusjarjestys-2016.pdf>

Taloustiedot. 2018. YBT Oy. Fonecta. [WWW]. [Viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: <https://www.finder.fi/Betonia+ja+betonituotteita/YBT+Oy/Ylitornio/yhteystiedot/190880>

TES. 2017. Rakennustuoteteollisuuden työehtosopimus 1.3.2017 – 28.2.2018. Rakennustuoteteollisuus RTT ry ja Rakennusliitto ry. 124 s.

Tietoa alasta. 2018. Betoniteollisuus ry. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://betoni.com/tietoa-betonista/tietoa-alasta/>

Tilastokeskus. 2018. Rakennus- ja asuntotuotanto. Tilastokeskus. [WWW]. [Viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: https://tilastokeskus.fi/til/ras/2017/12/ras_2017_12_2018-02-27_tie_001_fi.html

Tuoteosakauppa. 2018. Betoniteollisuus ry. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/tuoteosakauppa>

Työturvallisuuslaki. 2002. Finlex. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus. 2013. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 407/2013. Finlex. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407>

YBT FPC. 2017. YBT FPC Tehtaan sisäinen laadunvalvonta. YBT Oy.

YBT. 2018. YBT Oy. [WWW]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavissa: <http://ybt.fi/>

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT															
Resitulusukka Suunnittelu käytössä XC1 100 v															
TUOTETIEDOT															
Betoniplate 1 Nimellisavo 20 mm Luokka N (2011) Toleranssilukukka Pinta- ja pintapinta Visiteet 1 Kynätyösuojus kaikkien nurkkiin										Salitus mittapokkeama 10mm					
VALUTARVIKELUETTELO															
PIIRI NUMERO LKM MATERIAALI PINTA-ALA [m²] MAARA YKS															
V-1 1 C25/30										ELEMENTTI PAINO: 2.79 t					
MAARA TARVIKKEET															
1 kpl K SÄHKÖ															
1 kpl NOSTOLENKKI S235J2+N Ø16, L = 2250															
1 kpl NOSTOLENKKI S235J2+N Ø16, L = 2250, LISÄTAIVUTUS															
4 kpl Sewatek-K160															
2 kpl VEMO M16															
8 kpl VL80															
2 kpl TARTUNTAA A500HW 750.0 D16															
1.0 m KULJETUSTUKI 50X100															
1.5 m SAHKOPUTKI D20															
1.5 kg A500HW ø6															
27.7 kg A500HW ø10															
3.9 kg A500HW ø12															

MALLIPAIIRUSTUS 28.2.2013

KOKOEE

TEKLA
A TRIBLE COMPANY

POWERED BY

PROJEKTIN KUVAUS

ELEMENTTIPIIRUSTUS
V-1, VALISEINA

MITAT

1:20
1:30

PIIRIT

SUUN.

TARK.

HVP.

TYÖNUMERO

AANUMERO

PRI. NRO

V-1

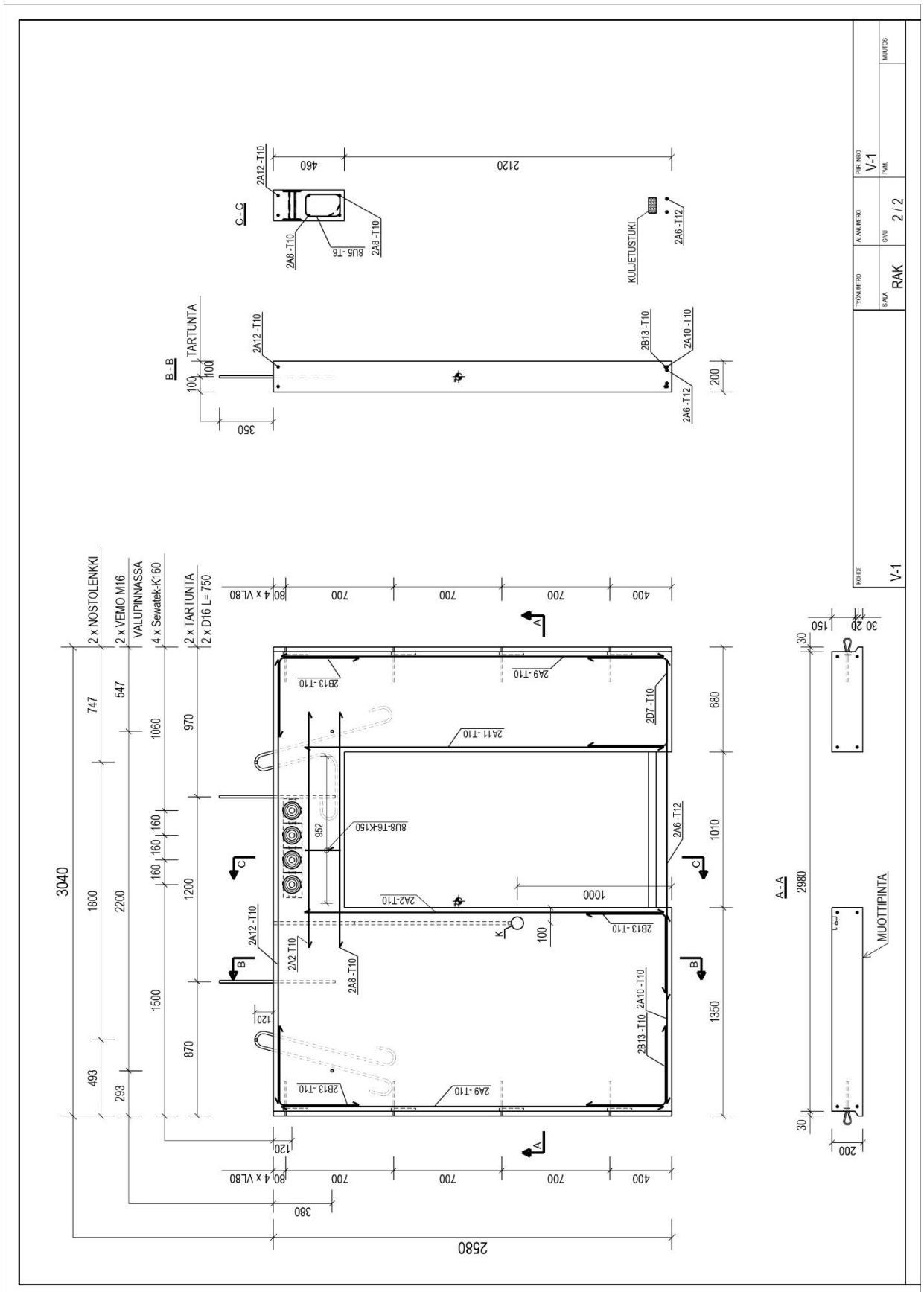
SIKA

SMI

RAK

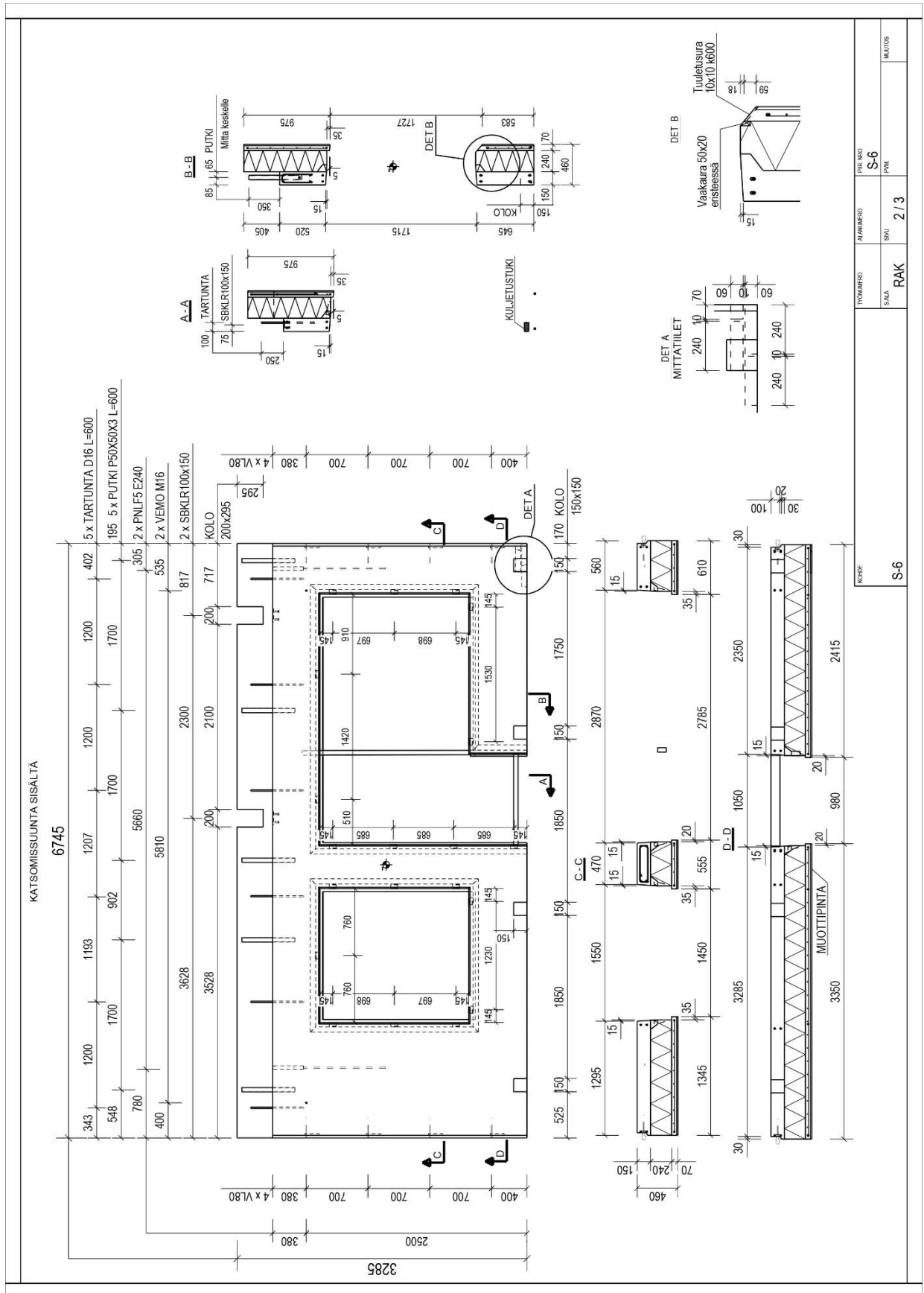
1 / 2

MAITOS



LIITE B: MALLIPIIRUSTUS KANTAVA RUUTUELEMENTTI

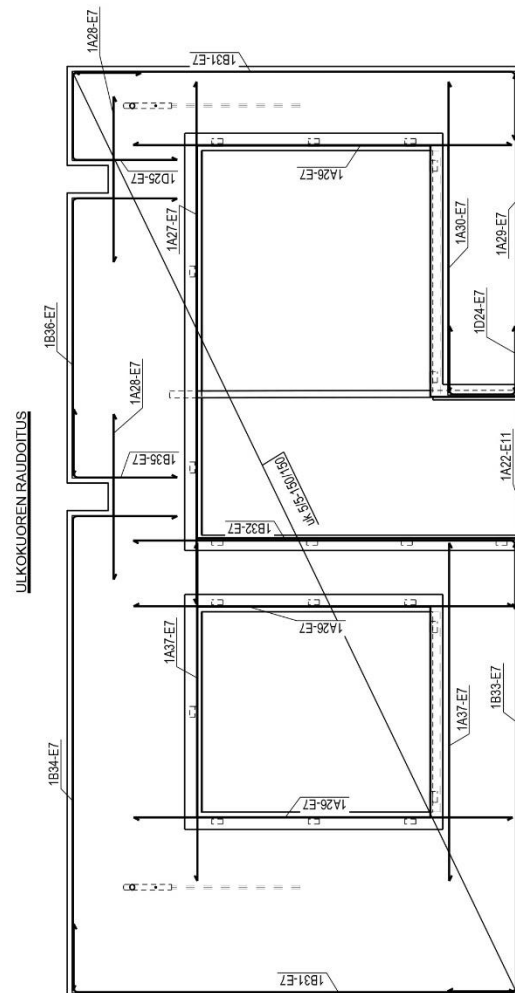
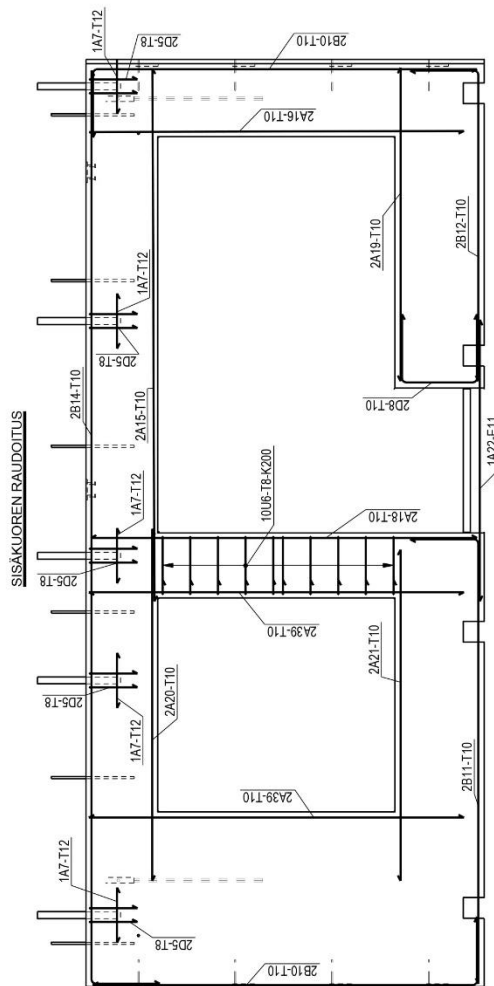
</



ERISTE:
Vaakaurat 20x50 elementin ulkokuorta vasten
elementin ylä- ja alareunassa sekä
lämmöneristyslevyjen jalkoksissa.

RAUDOITUS:
Jatkospituudet T8=400mm, T10=500mm,
T12=600mm, T16=800mm-
Verkköjen limititys vähintään kaksi silmäväliä

ANSAAT:
Diagonaaliansaat max k600
Reunaeläisyys max 200mm min 100mm



LIITE C: MALLIPIIRUSTUS SUORAKAIDEPILARI

